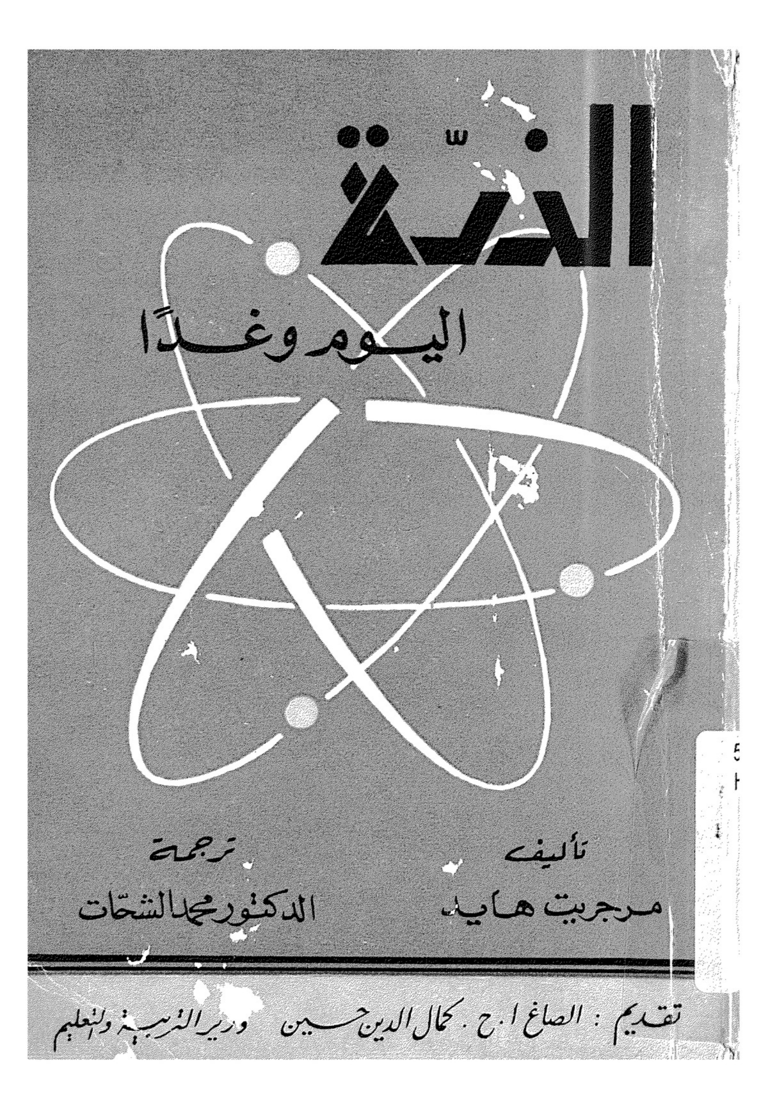

الذرّة
اليوم وغداً
تأليف
مرجريت هايد
ترجمة
الدكتور محمد الشحات
تقديم : الصاغ ا . ح . كمال الدين حسين وزير التربية والتعليم

الذرة اليوم وغداً

نشر هذا الكتاب بالاشتراك

مع

مؤسسة فرانكلين للطباعة والنشر

نيويورك — القاهرة

الذرة اليوم وغداً

تأليف

مرجريت هايد

ترجمة

الدكتور محمد الشحات

مقدمة

بقلم الصاغ أركان الحرب

كمال الدين حسين

وزير التربية والتعليم

الناشر

الشركة العربية

للطباعة والنشر والتوزيع

٥٢ شارع الجمهورية بالقاهرة

تقـــديم

الصاغ اركان الحرب
كمال الدين حسين
وزير التربية والتعليم ورئيس لجنة الطاقة الذرية
لترجمة كتاب مرجريت هايد Atoms Today and Tomorrow
التى قام بهـا الدكتور محمد الشحات محمد عوض

اطلعت على هذا الكتاب الذى يعالج الموضوعات الخاصـة بالذرة والطاقة الذرية بطريقة مبسطة مشوقة تعطى القارىء فكرة واضحة عن تطورات العلم فى هذا المضمار .

وأننا اذ نشجع ترجمة أمثال هذا الكتاب من الكتب العلمية المبسطة الى اللغة العربية ونرحب بضمها الى المكتبة العربية ، نود أن نشكر القائمين بتاليفها ونشرها لمساهمتهم الفعالة فى تنوير الأذهان الى الموضوعات الحيوية وربط العلم بالتفـكير الشعبى ، مما من شأنه أن يدفع شباب الباحثين والدارسين فى الجامعات ومعاهد البحوث نحو ولوج هذا الميدان الجديد من ميادين العلم الذى ينتظر أن تحدث تطبيقاته تطورا عظيما فى الزراعة والصناعة .

وان مصر فى عهدها الحاضر ، حرصا منها على مسـايرة الاتجاه العالمى فى أبحاث وتطبيقات الطاقة الذرية فى الأغراض السلمية ، قد كونت لجنة للطاقة الذرية تعمل فى المرحلة الأولى من برنامجها على اعداد وتدريب عدد من الاخصائيين المصريين فى فروع الرياضيات العالية وعلوم الطبيعة والكيمياء والجيولوجيا وفى العلوم الطبية والبيولوجية والهندسية التى تتصل بالبحوث والدراسات الذرية ، وانه ليسعدنا ان نقـــرر أن لدينا من الاخصائيين فى هذه الفروع لبنة صالحة يمكن أن نشق بها طريقنا فى ركب الباحثين فى هذا المجال .

صـاغ ا . ح
[توقيع]

وزير التربيـــة والتعليم

تمهيد وتعريف

تساهم الطاقة الذرية اليوم بنصيب قيّم فى ميادين الطب والزراعة والنقل والصناعة . وقد تستخدم غدا فى تدفئة منازلنا ، وانارتها ، وادارة سياراتنا ، ومساعدتنا بطرق عديدة مثيرة .

ويمكننا أن نجعل الطاقة الذرية اما أن تستمر فى خدمتنا أو أن تؤدى الى فناء العالم . وبرنامج « الذرة من أجل السلم » الذى وضعه الرئيس ايزنهاور يهيىء لنا السبيل الى ايجاد الطريقة التى تستخدم بها الطاقة الذرية من أجل البناء .

وتعطينا « مرجريت هايد » صورة واضحة شاملة لكل التطورات التى حدثت حتى الآن فى نواحى توجيه الطاقة الذرية من أجل الخير . وقد استخدمت مصطلحات بسيطة ، وتفسيرات دقيقة منتقاة ، لتوضيح ماهيّة الطاقة الذرية ، وكيف تستخدم اليوم ، وما يتوقع منها فى المستقبل القريب .

وقد عادت « مرجريت هايد » الى جامعة « كولومبيا » التى حصلت منها على درجة الماجستير — وكانت قبل ذلك مستشاوة علمية فى مدرسة « لنكولن » التابعة لكلية المعلمين ، ثم مدرسة فى مركز الطفولة بكولومبيا . وقد كانت كذلك رئيسة قسم العلوم فى مدرسة « شيپلى » بمدينة

« براين ماور » بولاية پنسلفانيا ومحاضرة فى التعليم الأولى بجامعة « تمپل » . وقد اشتركت مع الدكتور « چرالد كريج » من كلية المعلمين فى تأليف « أفكار جديدة فى العلم » كما ألفت كتاب « الطيران اليوم وغدا » ، وغيرهما من الكتب .

وقد قام بنقل هذا الكتاب الى اللغة العربية الدكتور محمد الشحات عوض أستاذ الكيمياء المساعد بكلية الطب بجامعة القاهرة ، التى قام بالتدريس والبحوث فيها منذ تخرجه فيها عام ١٩٣٩ حتى الآن .

وقد نال من قبل الجائزة الأولى لتبسيط العلوم فى مسابقة لوزارة المعارف فى عام ١٩٤٩ ، عن كتاب عنوانه « الغذاء الكامل » . كما نال الجائزة الأولى فى مسابقة نظمت عام ١٩٥٤ عن « كيف تستفيد مصر من التطبيقات السلمية للطاقة الذرية ؟ » . كذلك نشر حوالى المائة مقال فى كبريات الصحف عن الموضوعات العلمية المبسطة ، وأذاع كذلك كثيرا من المحاضرات فى مختلف الاذاعات بمصر وانجلترا وفرنسا والولايات المتحدة .

وقد مكث بانجلترا ثلاث سنوات حيث نال منها الدكتوراه وقد منح عضوية الجمعيات الكيمياوية فى انجلترا وفرنسا

وأمريكا . كما قام بزيارات علمية فى كثير من بلاد أوروبا الغربية .

ودعته رسميا الحكومة الفرنسية فى صيف عام ١٩٥٤ ، والحكومة الأمريكية فى عام ١٩٥٥ لزيارة الجامعات ومؤسسات الأغذية والأدوية ، وهيئات تبسيط العلوم ، ولجان الطاقة الذرية ومؤسساتها ومعاهدها ومصانعها .

وقد ساهم فى كثير من المؤتمرات العلمية المصرية والعربية ، وألقى بحوثا فى المؤتمرات الدولية للكيمياء بلندن فى عام ١٩٤٧ ، وبباريس عام ١٩٤٩ ، وباستوكهولم عام ١٩٥١ ، وكان عضوا فى وفد مصر لدى المؤتمر الدولى للتطبيقات السلمية للطاقة الذرية الذى نظمته هيئة الأمم المتحدة بچنيف فى أغسطس عام ١٩٥٥ .

كما ساهم فى تنظيم الكثير من المعارض العلمية كمعرض اللدائن (المواد الجديدة) ، ومعرض الراديو والرادار والتليڤيزيون ، ومعرض « قصر المكتشفات » ، ومعرض الذرة من أجل السلام .

وقد قام الأستاذ حسين بيكار ، المدرس بكلية الفنون الجميلة ، بتصميم غلاف هذا الكتاب ، وهو فنان معروف لاسمه شأن كبير فى الأوساط الفنية .

محتويات الكتاب

بعض المصطلحات الذرية

الأشعة الإلفية (Alpha Rays): أحد ثلاثة أنواع من الأشعة التى تنبعث من الراديوم والعناصر المشعة الأخرى. ويتألف كل جسيم ألفى منها من اثنين من البروتونات واثنين من النيوترونات، مرتبطة جيدا جميعا معا.

الذرة (Atom) أصغر جسيم من العنصر يمكن أن يوجد.

الطاقة الذرية (Atomic Energy) : الطاقة التى تتحرر عندما تتكسر نويات الذرات، أو تندمج فى بعضها.

الأشعة البائية (Beta Rays) : أحد ثلاثة أنواع من الأشعة التى تنبعث من الراديوم والعناصر المشعة الأخرى. والأشعة البائية عبارة عن اليكترونات.

غرفة السحاب (Cloud Chamber) صندوق مقفل مملوء بالهواء الرطب أو أى غاز رطب آخر، تترك فيه الجسيمات الذرية المتحركة خلفها ذيولا كالسحاب.

المبرد (Coolant) : مادة تستخدم لتبريد المفاعلات ونقل الحرارة منها.

الأليكترون (Electron) : جسيم دقيق قد يوجد دائرا حول نويات الذرات، أو يسرى فى الأسلاك فى صورة الكهرباء، أو يوجد حرا فى الهواء.

العنصر (Element) : نوع أساسى من المادة لا يمكن تقسيمه الى مواد أخرى بطرق كيمياوية .

الانشطار (الانفلاق) (Fission) : تكسير النويات الذرية إلى قسمين متساويين تقريبا مع تحرير الطاقة .

الاندماج (Fusion) : اتحاد نويات ذرية صغيرة أو جسيمات صغيرة لتكوين وحدات أكبر مع تحرير الطاقة .

الأشعة الجيمية (Gamma Rays): أحد أنواع الأشعة الثلاثة التى تنبعث من الراديوم والمواد المشعة الأخرى . وهى تشبه الأشعة السينية .

عداد جيجر (Geiger counter) آلة لاكتشاف الجسيمات المشعة ، وتتألف من أنبوبة تحوى غازا يوصل النبضات الكهربائية ، مع احداث صوت كدقات الساعة . وتدل الدقات المتتابعة على وجود النشاط الاشعاعى .

نصف الحياة (أمد الانتصاف) (Half Life) : طريقة للتعبير عن سرعة انقسام الذرات المشعة . وهى الوقت الذى تفقد فيه نصف أى كمية من المواد المشعة نشاطها الاشعاعى .

النظائر (Isotopes) : الأشكال التى يوجد بها عنصر من العناصر — ونظائر العنصر الواحد لها نفس الخواص ، ولكنها تختلف اختلافا طفيفا فى الوزن .

النيوترون (Neutron) : نوع من الجسيمات يوجد فى نويات كل الذرات ما عدا الهيدروجين المعتاد .

النويّة (النواه) (Nucleus) الجزء الأوسط من الذرة أو قبلها الذى يحوى جسيمات مثل البروتونات والنيوترونات — وهى الجزء من الذرة الذى لابد أن ينفلق لتتحرر الطاقة الذرية .

المفاعل النووى (Nuclear Reactor) : أوالكوم (أو الفرن) الذرى — آلة لفلق الذرات بسرعة يمكن التحكم فيها ، تستخدم العناصر المشعة كاليورانيوم كوقود .

البلوتونيوم (Plutonium) : عنصر من صنع الانسان يمكن فلقه عند قذفه بالنيوترونات .

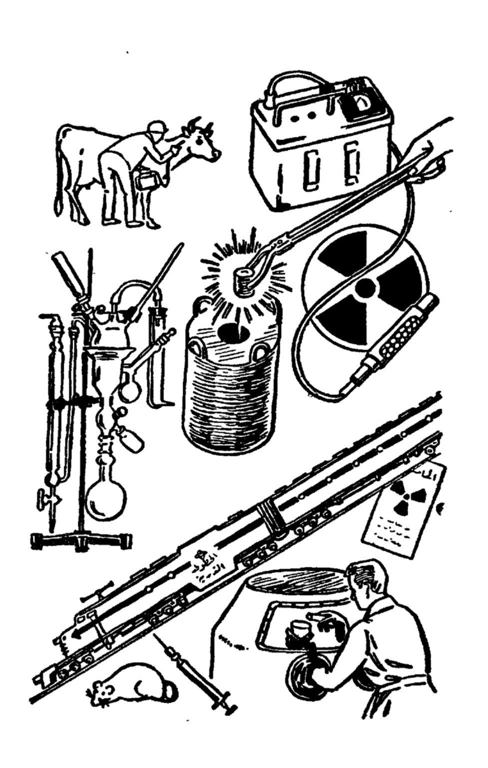
النشاط الاشعاعى (Radio-activity) : خاصية النويات الذرية لبعض العناصر التى تتحطم قطعة قطعة حسب نموذج ثابت .

النظائر المشعة (Radioactive Isotopes) : الأشكال المشعة للعنصر .

الثوريوم (Thorium) : عنصر مشع يمكنه انتاج وقود للمفاعلات .

اقتفاء الأثر (Tracing) : تتبع موقع النظائر المشعة بواسطة « عداد جيجر » .

اليورانيوم (Uranium) : معدن أبيض ثقيل مشع ، هو المورد الرئيسى لوقود المفاعلات النووية .





التنقيب بعدادات "جيجر"

اما أن تكون الطاقة الذرية خادمك الأمين أو أن تؤدى الى فناء العالم . وسيوجه اليك فى حياتك عدد من الأسئلة الخاصة بتطبيق الطاقة الذرية وما تصلح له من أغراض . وقد تساعد اجاباتك على تحديد مستقبل العالم .

ولا يلزم أن تكون عالما لكى تهضم الأفكار الأساسية للطاقة الذرية ، فهى ليست بأصعب من كثير مما تفهم فعلا من أفكار . ورغم أن بعض المصطلحات الذرية قد يكون جديدا عليك ، فستظهر دواما وتكرارا فى جرائدك فى المستقبل .

واليوم تساعد الطاقة الذرية الأطباء على اطالة الحياة ، وتمد الفلاحين بالمعلومات التى تعينهم على انتاج طعام أكثر بتكاليف أقل ، وفى الصناعة تستخدم الطاقة الذرية بمئات من الوسائل الجديدة لكى تصلك نواتج أفضل بثمن أقل . كذلك وصلت الطاقة الذرية الى البحر فى غواصة .

وفى الغد قد تضىء الطاقة الذرية منزلك ، وتدير تروس ساعة يدك ، وتساعدك بطرق مثيرة عديدة . وبالاضـافة الى وقاية بلدك ، يمكن للطاقة الذرية أن تؤدى كثيرا من الأعمـال .

ففى ٨ ديسمبر سنة ١٩٥٣ أعلن رئيس الولايات المتحدة برنامجا للتعاون الدولى فى ميدان التطبيق السلمى للطاقة الذرية ، وكان أس دعوته لهيئة الأمم المتحدة أن « الولايات المتحدة تعرض تصميمها على المساعدة على حل كارثة الخوف من الذرة — وايجاد طريقة توجه بها مقدرة الانسان السحرية على الابتكار ، لا الى هلاكه وموته ، ولكن الى حياته وسعادته » .

وبرنامج الطاقة الذرية للولايات المتحدة أكبر صناعة على وجه الأرض — مادتها الأولية الحيوية هى اليورانيوم الشهير ، الذى يقوم الآن بالتنقيب عنه بعدادات جيجر كثير ممن كانوا يبحثون من قبل عن الذهب .

كيف تنقب عن اليورانيوم ؟

ولا شك فى أن بعض اليورانيوم موجود على عتبة دارك ، لأنه يوجد فى كل مكان تقريبا من الأرض . فلو استطعت ازالة الطبقة العليا من ميـل مربع من الأرض حتى عمق ١٢ بوصة ، لاحتوى ذلك حوالى ثلاثة أطنان من اليورانيوم ، وجراما واحدا من الراديوم .



وأحيانا يوجد اليورانيوم والراديوم وبعض المواد المشعة الأخرى فى الصخور وفى المسلح المستخدم فى المبانى . فحديثا وجد رجل من فيلادلفيا أن حجرا من منزله أحدث دقات فى عداد جيجر ، كما وجِد أن أحد أحجار نصب واشنطون فى مدينة واشنطون يتميز بأن له نشاط اشعاعى . ومع هذا فكمية النشاط الاشعاعى فى كل هذه الأحوال ليست خطيرة ، وهى من الضآلة بحيث لا تستحق الجهد اللازم لفصلها

أو جمعهـا . ولكن توجد فى بعض المناطق صخور مثـل الكارنوتيت والبتشبلند تحوى كميات عالية من اليورانيوم بحيث يصبح استخراجها عمليا .

وتستطيع أن تشترك مع المنقّبين الذين يجوبون الوديان ويصعدون الهضاب الشاهقة فى ولايات كولورادو ، وأوتا ، ومكسيكو الجديدة ،والآريزونا باحثين عن ذلك الصخر الثمين أملا فى الثراء . فمنذ أمد بعيد ، فى عهود ما قبل التاريخ ، تركت صخور اليورانيوم آثارها الصفراء على الأحجـار الرملية الحمراء فى مجارى الأنهار والبحيرات . أما الآن فقد أصبحت تلك المنطقة واديا مرتفعا تندر فيه المياه ، وتنتشر فى أرضه خطوط أو جيوب من « الكارنوتيت » ذات اللون الأصفر الكنارى أو الأخضر الأغبر . ويتعاون مع الحكومة على استخراجه من هذا المكان أفراد وشركات للمناجم .



فلنفرض أنك وجدت طريقك الى وادى كولورادو ، باحثا عن اليورانيوم . فقد تستطيع تحديد موقع «الكارنوتيت» — وهو أحد الصخور الذى تحويه — بلونه بين الألوان البراقة فى المنطقة فيمكنك التأكد من ذلك « بعداد جيجر » ، حيث يدل الصوت الذى ينبعث منه ، وابرته التى تتذبذب على العداد ، على أنك قد لقيت حظك .

ويوما بعد يوم تترنح على طرق متربة حول الأحجار الضخمة وعلى جوانب الجبال . وفى الصباح الباكر ، قبل أن تزداد شدة الهواء عما يسمح بالطيران المنخفض ، « تقشط » طائرات حكومية صغيرة المنطقة ، باحثة عن بقع قد تكون غنية بذلك الصخر . وبها أجهزة تعرف باسم مقاييس التوهج [1] تقيس الاشعاعات المنبعثة من تلك الصخور ، وتعبّر عن كل منها بوميض من النور . ثم ترسل خريطة لكل منطقة تحدث وميضا فى ذلك الجهاز . وتعرض لجنة الطاقة الذرية تلك الخرائط ليستدل بها المنقبون .

وطوال سيرك على الصخور المتداعية تشعر بالحر والظمأ والتعب ، اذ أن التنقيب ليس عملا سهلا حتى ولو كانت معك الخرائط اللازمة . وقد تتعرض لضربة من الشمس أو لدغ من ثعبان ، ولكنك بشىء من الحظ والشجاعة قد تجد كنزا فى الأرض يغنيك ، وتزيد به موردا تحتاج اليه البلاد .

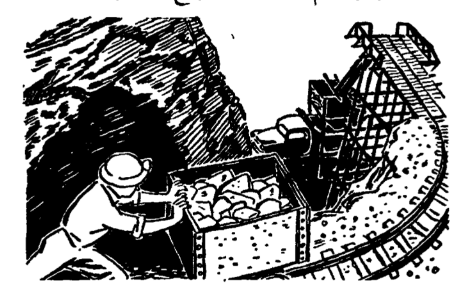
---

(١) Scintillometers

وفى المساء تعود الى «جراند چنكشن» التى كانت يوما ما قرية صغيرة ، فأصبحت آلات التنقيب الأليكترونية تباع اليــوم فى مخازنها ، الى جــوار المجارف والمساحى التى يستخدمها الفلاحون . وكان الخوخ محصــولها الرئيسى ، فأصبح اليورانيوم اليوم مصدر دخل للسكان يزيد عنــه ثلاث مرات .

وفى الصباح تبدأ رحلتك مرة أخرى مع غــيرك من المنقّبين ، فتلمح فوق الطرق المتربة سيارات الشحن التى تحمل الصخر ، بعد أن أتت به من المناجم التى تبدو على مرمى الحجر . ولكن السيارات تكون قد قطعت ثلاثين ميلا من الطرق الجبلية العميقة الملتوية قبل أن تصل الى ذلك المكان .

وتمر بمناجم ذات سراديب يعمل فيها الرجال بمطارقهم الحادة أو بمجارفهم الصغيرة لاخراج الصخر اللّين — فى



حين أن فى غيرها خنادق صغيرة فى التلال يستخرج منها كل يوم بضع أطنان من الحجر ، ولكن الصخور التى تخرجها تحوى معدنا ثمينا له قيمة الذهب .

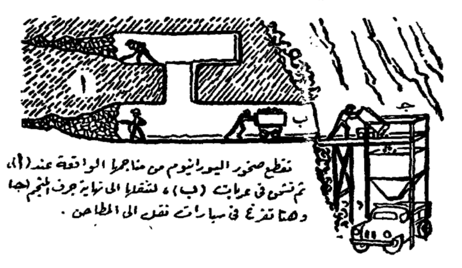
وقد تتهادى على طول حافة الجبل ، وفجأة ترى لونا أصفر براقا ينبىء عن مستقبل ذهبى ، وهناك يدق عداد جيجر ، فتسرع الى كنزك الدفين .

استخراج اليورانيوم وتنقيته

والآن يكون العمل قد بدأ فقط ، فيلزم أن يكون بمكان استخراج الصخر ماء يكفى لتشغيل آلات الحفر الثاقبة ، ويجب نقل المكابس الباردة من أميال بعيدة ، كما يجب فحص عينات من الصخور ، فاذا وجدت كميات كبيرة منها غنية بدرجة كافية ، تفصل عما يشوبها من طين وتراب . وتستخرج فى بادىء الأمر من الجيوب المكشوفة ، ثم يلزم تتبعها فى باطن الأرض كلما ازداد عمق الصخر الراسب . وتنقل الصخور بعد استخراجها لتباع الى أقرب محطة حكومية ، اذ لا يمكن أن تبيع أو حتى أن تهب صخرك لأى شخص أو جهة أخرى . ولكنك على كل حال ستتمتع بالطريق الحكومى المرصوف الى المحطة ، كما يهمك وجود مشتر دائم لبضاعتك بثمن عادل .

ويوزن الصخر الوارد على سياراتك ، وتؤخذ منه

عينات ، وتختبر لمعرفة كمية اليورانيوم وغيره من المواد المعدنية الثمينة الموجودة به ، ويدفع لك الثمن بناء على ذلك. وتدفع الحكومة أيضا مبلغا لتغطية نفقات نقله الى مخزن الشراء ، واعانة لتغطية نفقات تحسين منجمك ، مع علاوة أخرى خاصة تمنح لك كصاحب منجم جديد .



تقطع صخور اليورانيوم من مناجمها الواقعة عند (أ)، ثم تشحن فى عربات (ب) ، لتنقلها الى نهاية جوف المنجم (جـ) وهنا تفرغ فى سيارات تنقل الى المطاحن .

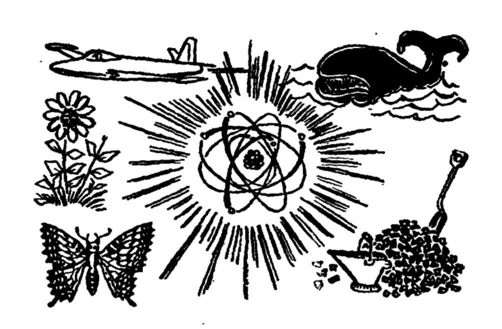
وسيحدث لصخرك الشيء الكثير قبل أن تتحـرر منه الطاقة الذرية . فيجب فصل الطين والحجر الرملى وغيرهما من الشوائب من معدن اليورانيوم نفسه الذى يتوزع خلال الصخر كله فى حبيبات تبلغ من الدقة حدّا يجعلها فى بعض الأحيان لا ترى الا بالمجهر . ثم يكسَّر الصخر فى المطحن ثم يسحق وينخل ، ثم يحمّص ويغسل ويدخل فى عمليات أخرى حتى تقل كميته كثيرا ولكن تزداد نقاوته شيئا ما . فقد لا يتبقى من أطنان من الصخر الا بضع أرطال لونهـا أصفر برّاق . ويلزم اجراء عمليات أخرى أكثر تعقيدا لانتاج

المسحوق الأسود الأغبر وهو أكسيد اليورانيوم . ثم يشحن هذا ، ويصب فى طاحونة ، ينقى فيها ويحول الى ملح أخضر هو مركب اليورانيوم مع الفلور . وبعد عمليات أخرى يصبح اليورانيوم معدنا نقيا براقا ثقيلا ، فضيا أبيض اللون ، أطرى قليلا من الصلب .

وأكثره ليس من ذلك النوع من اليورانيوم الذى تتحطم ذراته وتتولد منها الطاقة . اذ لا يحوى اليورانيوم الطبيعى النقى الا جزءا صغيرا من اليورانيوم ٢٣٥ الذى تنطلق منه الطـاقة .

فليست كل أنواع اليـورانيوم متشـابهة ، ولكنك لا تستطيع أن ترى الفرق بينها حتى ولو استطعت رؤية كل ذرة على انفراد — وسترى عما قريب السبب فى ذلك عندما تزداد معرفتك بالذّرة فى الباب المقبل .





ما هي الطاقة الذرية

الذرة فى كل مكان

تفضل وخذ حفنة من الذرات — انك واجدها فى كل مكان حتى ولو قبضت على الهواء الموجود فعلا فى يدك ، ففى تلك الحفنة بلايين الذرات . فأنت تعيش فى عالم الذرات فمنها تتألف أجنحة الفراشات الهشة ، والصخور الصلدة فى الجبال ، ومنها يتكون الثلج الأبيض فى كتل الجليد ، واللمعان الأسود للفحم ، والأجنحة الفضية للطائرة النفاثة ، والقاع الأزرق للمحيطات . فكل شيء فى الأرض أو القمر أو الشمس أو فى أى من الكواكب الأخرى أو عليها مؤلف

من الذرات ، كما أنك وكل كائن آخر عبارة عن بلايين الذرات .

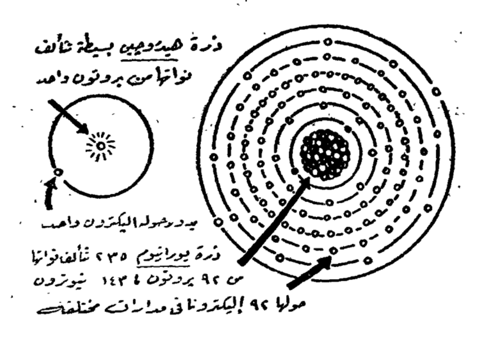


لو نظرت الى حفنتك من الذرات ، لما استطعت رؤية ذرة واحدة منها ، مهما دققت النظر . فكل ذرة أصغر من أن ترى بأقوى مجهر . ولعلك تستطيع الاستعانة بما يلى فى ادراك مدى دقة الذرات .

فاذا استطعت رصّ ذرات النحاس واحدة الى جانب الأخرى فى صف واحــد ، لاحتجت الى ١٠٠ مليون منها ليكون طولها بوصة واحدة .

ولو أصبح قطر كل ذرة فى ثمرة النفاش (الليمــون الهندى) بوصة واحدة ، لأصبح حجم النفاش (الليمون الهندى) كحجم الكرة الأرضية .

ولعلك تجد صعوبة فى الاعتقاد بأن هناك شيئا يبلغ من الدقة ذلك الحد . ولكنك لست وحيدا فى ذلك ، فالذرات تدهشنا جميعا حتى أعلم العلماء .

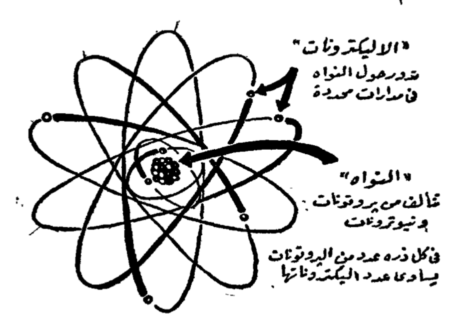


وليس لكل ذرة من الذرات التى تمسكها فى يدك نفس الوزن . فقد تمكن العلماء بدراسة خصائص الذرات من مقارنة أوزانها ، وترتيبها فى جدول يبدأ بأخفها وينتهى بأثقلها . فالهيدروجين الذى يستخدم فى البالونات خفيف الذرات جدا ، ولليورانيوم — الذى اشتهر صخره فى برنامج الطاقة الذرية — أثقل الذرات ، ولذلك تقع فى نهاية جدول الذرات الموجودة فى الطبيعة . وان كان رجال العلم قد صنعوا ذرات أخرى أثقل من اليورانيوم ، فتأتى بعده فى ذلك الجدول .

تركيب الذرة

ويصور العلماء الذرات برســوم كالتى تظهر فى هذا الباب ، بناء على معلوماتهم عن خصائصها ٠

فاذا استطعت رؤية ذرة واحدة من الذرات التى تمسكها فى يدك ، فماذا عساك أن ترى ؟ تخيل أنك تستطيع تكبير ذرّة واحــدة حتى تصبح فى حجم حجرة كبيرة ، فستجد أنها خالية تقريبا ، تكمن فى وسطها كتلة صــغيرة فى حجم الذبابة : هى « النــواة » ، وهى جزء الذرّة الذى تتحرر منه الطاقة الذرية ، وهى الجزء الذى يمكن أن يعطى الطاقة اللازمة اما لتسيير الغواصات ، واضاءة المنازل ، أو لاهلاك العــالم ٠



وكمية الطاقة التى تنتج من تحطيم نواة ذرة واحدة

صغيرة جدا ، ولكن الانسان تعلّم كيفية تحطيم نويات بلايين الذرات والحصول على طاقتها جميعا .

أنظر مرة أخرى الى ذرتك التى تخيلتها فى حجم الغرفة . فاذا نظرت بدقة الى أجزائها الخارجية ، لرأيت كتلا دقيقة من المادة تسرى وتدور حول النواة ، تماما كما تدور الكواكب حول الشمس . وهذه الجسيمات الدقيقة هى « الأليكترونات » . وهى أجزاء من الذرة تدخل فى آلاف من التغيرات اليومية مثل اشتعال عود الثقاب ، وخبز الكعكة وهضم الطعام ، والنمو . كما ان بلايين الأليكترونات التى تنفصل عن ذراتها هى التى تمدك بالكهرباء كل يوم .

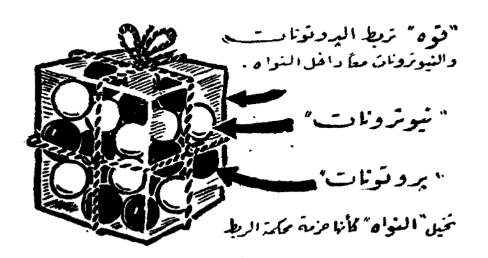
ويتوقف عدد الأليكترونات التى تدور فى أفلاكها حول كل ذرة على نوع الذرة نفسها . فاذا نظرت الى ذرة يورانيوم لوجدت ٩٢ اليكترونا تدور فى مدارات حول النواة — ولكل عنصر عدد مختلف من الأليكترونات ، ولكن ذرات نفس العنصر لها جميعا نفس العدد ، فلجميع ذرات اليورانيوم مثلا ٩٢ اليكترونا .

تركيب النواة

واذا استطعت النظر عن قرب لنواة ذرتك التى تخيلتها فى حجم الغرفة ، لرأيتها أشبه بلفافة مضغوطة مكونة من أجزاء أصغر . ففيها حوالى عشرين نوعا من الجسيمات

المختلفة ، ولكن أشهرها اثنتان ، احداهما « البروتون » . ففى كل ذرة عدد من البروتونات فى نواتها يعادل عـدد الاليكترونات التى تدور حولها ، وفى أى نوع من الذرات بروتون واحد أو أكثر .

والنوع الثانى الهام من الجسيمات الموجودة فى نويات الذرات هو « النيوترون » . وهو جسيم متعادل ، ليست له أية شحنة كهربائية ، وهو مرتبط بالبروتون فى نواة الذرة . وتوجد نيوترونات فى كل أنواع الذرة ، ما عدا ذرة الهيدروجين .



تخيل "النواه" كأنها حزمة محكمة الربط

فالآن تعرف ثلاثا من الجسيمات الشهيرة التى تتألف منها الذرات :

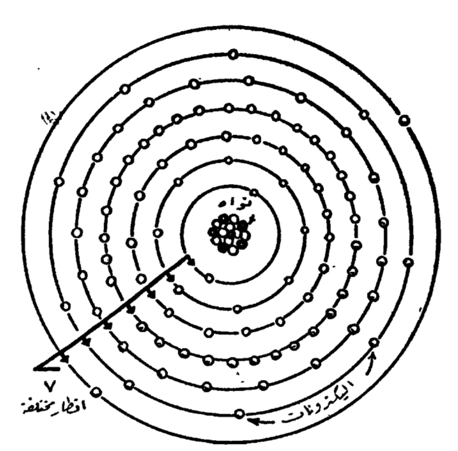
(١) الاليكترونات ، (٢) البروتونات ، (٣) النيوترونات . وتعرف أن الذرات تتألف من النويات التى تدور حولها

الاليكترونات . وتعرف كذلك أنه يجب فلق نويات الذرات لتحرير الطاقة الذرية .

تحطيم الذرة

لذلك يمكن تشبيه نواة الذرة بحزمة مكدسة تكديسا شديدا . وتتكدس نويات بعض الذرات بدرجة أكثر من الأخرى ، فقد تتكدس مجموعة معينة من الجسيمات الذوية معا بطريقة أفضل من بعض المجموعات الأخرى . وعلى ذلك فمن المؤكد أن بعض النويات الذرية تنشطر عن بعضها بسرعة أكبر من غيرها . كما أن هناك أنواعا تنفجر فجأة من تلقاء نفسها ، وتعرف أمثال هذه الذرات باسم الذرات المشعة .

وعندما تتحطم الذرات ذوات النشاط الاشعاعى من تلقاء نفسها ، أو عندما يحطم الانسان الذرات الأخرى ، تنطلق بعض الطاقة التى كانت مكدسة داخل النويات ، وتتخذ شكل الحرارة والاشعاع . وهذه الطاقة هى الطاقة الذرية .

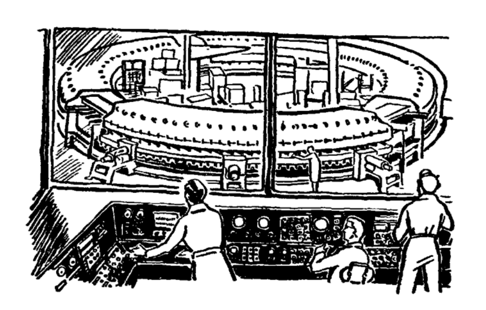


ماذا تعنى ذرة يورانيوم ٢٣٥ ؟

تتألف ذرة يورانيوم ٢٣٥ من "نواة" مؤلفة من ٩٢ "بروتونا"، ١٤٣ "نيوترونا"، يدور حول هذه النواة فى مدارات مختلفة الاقطار عدد "الاليكترونات" يساوى عدد البروتونات الموجوده فى النواه (٩٢)

"٢٣٥" هو الوزن الذرى لهذه الذره ما أد

عدد البروتونات ٩٢
عدد النيوترونات + ١٤٣
الوزن الذرى = ٢٣٥



تحطيم الذرة

النشاط الاشعاعى

تتولد الطاقة الذرية عادة من انشطار الذرات ، كما أنها تنتج أيضا من العملية العكسية : اندماج الذرات . فقبل أن يتعلم الناس تكسير نويات بلايين الذرات بقصد انتاج كميات من الطاقة الذرية بوقت طويل ، نجدهم مارسوا تكسيرها فى محطمات الذرة ، فاكتشفوا بذلك التحطيم — وما زالوا يكتشفون — الكثير من أسرار التركيب الداخلى للذرة . وحتى قبل محطمات الذرة بكثير ، كانت نويات بعض ذرات الأرض تنفلق من تلقاء نفسها ، اذ كانت بعض الذرات ذوات النشاط الاشعاعى تتكسر دائما فى عملية ظلت مستمرة

منذ بداية الزمن . وعلى ذلك فالواقع أن الطـاقة الذرية والنشاط الاشعاعى ليسا من الظواهر الجديدة .

والذرات ذوات النشاط الاشعاعى موجودة أمامك كل يوم : فبعض ذرات عظامك تنفجر فى جميع الأوقات ، لأنها تحوى بعض ذرات الفسفور المشع — كذلك تجد دائما فى التربة التى تطؤها بأقدامك ، وفى الهواء الذى تتنفس ، وفى الماء الذى تشرب ذرات ذات نشاط اشعاعى . كما أن الميل المربع الواحد من الأرض الى عمق قدم واحد يحوى فى المتوسط جراما واحدا من الراديوم ، وثلاثة أطنـان من اليورانيوم . وقد عاش الانسان وسط هـذه الكمية من الاشعاعات منذ بدء ظهوره على الأرض .

الراديوم

وتستخدم كميات دقيقـة من الراديوم لطـلاء عقارب الساعات وأرقامها . فاذا عوّدت عينيك على الظلام ونظرت



تحيط بنا الذرات المشعة على الدوام

الى ساعة من تلك بعدسة مكبرة ، لاستطعت رؤية نقط دقيقة منفصلة من النور . ويرجع ذلك الى اصطدام بعض جسيمات من ذرات الراديوم بما حولها من ذرات المواد الموجودة فى الطلاء فتجعلها تتوهج . فهكذا لا يمكنك رؤية الجسيمات نفسها ، وانما تستطيع أن ترى العمـل الذى تؤديه .



وانك لن تستطيع امساك حفنة من ذرات الراديوم دون أن يمسك أذى، لأنه يسبب حروقا شديدة . أما اذا ما اتخذت الاحتياطات الكافية ، فيمكن استخدام كميات كبيرة من اشعاعات الراديوم ضد السرطان . فمثلا نجـد بمستشفى روزفلت بمدينة نيويورك حجرة تحت الأرض يراقب فيها الأطباء مريضا خلال نافذة زجاجية مملوءة بالماء سمكها قدمان ، تقيهم من أشعة الراديوم الذى يستخدم فى علاج

الخلايا السرطانية العميقة داخل جسم المريض . كما توجد وسائل خاصة للأمان تمنع بدء عمل الراديوم الا بعد أن يغادر كل شخص ما عدا المريض الغرفة من بابها الكهربائى ثم يبدأ العلاج ، وتوجه الأشعة من ٢٥ قرصا من الراديوم الى الأنسجة المريضة . وتزن هذه الأقراص معا ٥٠ جراما فقط ، ومع هذا فثمنها مليون دولار .

وكمية الراديوم الموجـودة فى مستشفى روزفلت أكبر كمية موجودة فى أمريكا ، اذ لا يستطيع كثير من المستشفيات شراء أكثر من حبيبة صغيرة ، ومع هذا فحتى أصغر الكميات تعتبر عونا كبيرا فى الحرب ضد السرطان .

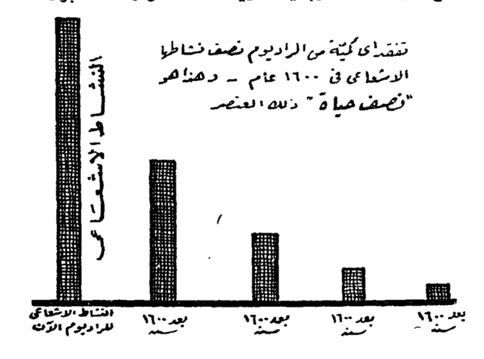
وعادة يحتفظ بكمية ضئيلة من الراديوم فى أنبـوبة زجاجية فى خازنة المستشفى . وتحاط تلك الأنبوبة بأغلفة من النحاس الأحمر والرصاص لحماية المشتغلين بهـا من الأشعة التى تنبعث من الراديوم باستمرار .

وقبل أن تعلم جيـدا آثار الطاقة الذرية المنبعثة من الراديوم كما هى معروفة اليوم ، حدثت مأساة فى مصـنع للساعات بنيوچرسى ، كانت عاملاته يقمن بطلاء عقـارب ساعات اليد بالراديوم بواسطة فرش دقيقة مدببة ، فعمدت بعضهن الى بلّ أطراف الفرش بشفاههن لتبقى مدببـة . فبمضى الزمن أصبحت تلك الجسيمات الدقيقة من الراديوم التى ابتلعنها جزءا من عظامهن . وبعد بضع سنوات ماتت

بعضهن متسممات بالراديوم . واحتفظ ببعض العظام المصابة لتكون موضوع دراسة تفصيلية فى المعامل .

وحتى اليوم يحدث « عداد جيجر » صوتا اذا ما قرّب من احدى تلك العظام ، لأن ذرات الراديوم تتكسر خلال فترة طويلة من الزمن . اذ لا يتحول الا نصف ذلك الراديوم الذى ترسب فى عظام أولئك النساء الى ذرات جديدة خلال فترة ١٦٠٠ عاما . وبمعنى آخر لا تتكسر الا نصف ذرات أى كمية من الراديوم خلال ١٦٠٠ عاما . وتسمى هــذه الفترة « نصف حياة » أو أمد انتصاف الراديوم ، ثم يتكسر نصف ما بقى من ذرات خلال الألف وستمائة عام التالية ، وهكذا .

ولا يمكن تغيير هذه السرعة التى يتكسر بها الراديوم ، فليس للتيارات الكهربائية القوية ، ولا للحرارة ولا البرودة ،



ولا للأحماض القوية ، ولا حتى للأشعة السينية أى أثر على عدد الذرات التى تتكسر فى أى وقت محدد . فالراديوم لا يمكن استعجاله .

وعندما تتكسر ذرة من الراديوم ، تتكون منها عناصر جديدة ذات نشاط اشعاعى ، ولكنها تحوى كمية من الطاقة أقل مما يحويه الراديوم . وكلما انبعثت من نويات تلك الذرات الجديدة جسيمات أخرى ، تحررت طاقة جديدة ، وتكونت عناصر أخرى ذات نشاط اشعاعى . وبالتدريج تتكسر الذرات طبقا لبرنامج ثابت الى عناصر أخف وأخف ، وأثناء ذلك تنبعث اشعاعات وجسيمات صغيرة كانت فيما قبل جزءا من نوياتها . وبعد سلسلة طويلة من تلك الانفجارات ، تتكون فى النهاية ذرات الرصاص الثابتة غير المشعة .

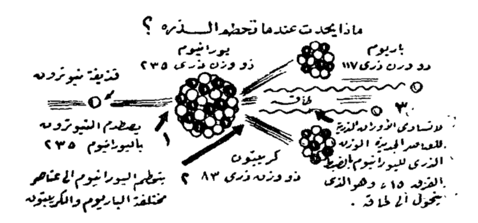
واليورانيوم أشبه ما يكون برب أسرة ، خامس أحفادها الراديوم ، وآخر فروعها الرصاص . وكمية الطاقة الناتجة من عملية تولد الاشعاعات من الراديوم فى الطبيعة ضئيلة اذا ما قورنت بما حرره رجال العلم بتحطيم الذرات فى العهد الحديث .

كيف تتحطم الذرة ؟

قد تحاول تكسير الذرات بطرقها — ولكن لك أن تستمر فى دقها بكل ما أوتيت من قوة الى الأبد ، دون أن تنجح فى

تكسير نواة ذرة واحدة . وذلك لأنك لا تستطيع اصابة أى شيء بتلك الضآلة بمطرقة ، تماما كما لا تستطيع استخدام بارجة حربية لازالة ذرة من الرماد من عينك . كذلك ليست لديك القوة الكافية لتكسير نواة الذرة ، لأن القوة الخفية التي تربط أجزاءها معا أقوى مما يمكنك أن تتصور .

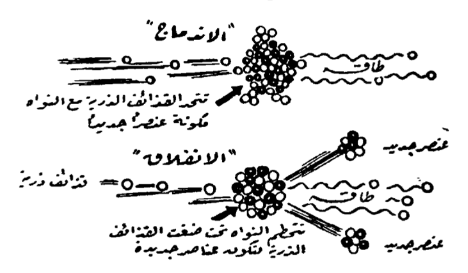
ولمحاولة فتح نويات الذرات تستخدم فى محطمات الذرة قذائف ذرية مثل البروتونات والنيوترونات والاليكترونات . فتقذف تلك الجسيمات الدقيقة الى أهدافها بسرعة مخيفة ، لكى يمكنها دخول نويات الذرات . وأحيانا ترسل القذائف فى كل الاتجاهات ، أملا فى أن يصيب بعضها النواة المطلوب تحطيمها .



ويقول العلماء انهم « حطموا » الذرة عندما يجبرون نواتها على امتصاص جسيمات أو على فقدها . وعندئذ يتغلبون على القوة الضامة الخفية التى تمسك أجزاء النواة معا ، فتضاف جسيمات جديدة الى النواة ، أو يتحرر بعض

ما كان بها من بروتونات ونيوترونات وطاقة . وعلى هـذا فليس تحطيم الذرة كتهشيم لوح من الزجاج .

فعندما تتحد الجسيمات الذرية ، تعرف العملية باسم « الاندماج » — كالشمس تنتج طاقتها نظرا للاندماج الذى يحدث بين بعض ذراتها . كذلك تنتج انفجارات القنابل الهيدروجينية من الاندماج .

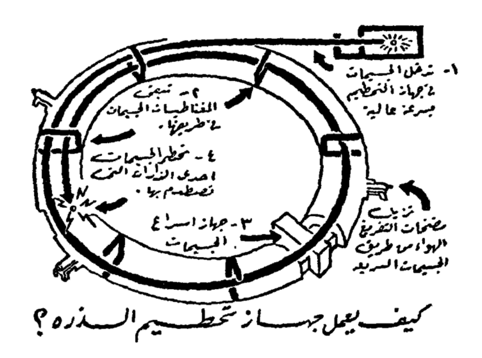


أما اذا كسرت نويات الذرات ، عرفت العملية باسم « الانشطار» . ويمكن أن تسبب الطاقة المتحررة من الانشطار تدميرا كبيرا كما فى القنبلة الذرية ، كما يمكنهـا أن تؤدى أعمالا عجيبة مما سيوصف فيما بعد فى هذا الكتاب .

محطمات الذرة

و « محطمات الذرة » آلات كبيرة تحـدث اندماجا أو انفلاقا ذريا بدرجة صغيرة ، ويستخدمها العلماء فى زيادة

معرفتهم بالجسيمات الصغيرة التى تتألف منها المادة . وهناك أنواع متعـددة من محطمات الذرة تعرف جميعا بأسـماء معقدة مثل « مولدات ڤان دجراف » ، « كوزموترون » ، « سيكلوترون » ، « بيتاترون » ، « بيڤاترون » . وكل محطمات الذرة ، يطلق عليها العـلماء اسـم « مسرعات الجسيمات » ، وهى مرتفعة الأثمان ، يتكلف بناؤها ملايين الدولارات .



كيف يعمل جهاز تحطيم الذره؟

ويمكنك أن تتصـور محطمـات الـذرة أو مسرعات الجسيمات هذه كحلبات للتصويب الذرى ، الأهداف فيها هى الذرات المطلوب تحطيمها ، والقذائف جسيمات من ذرات أخرى — كالپروتونات أو النيوترونات أو الأليكترونات .

ورغم أن الجانب الأكبر من كل ذرة مساحة فضاء ، فإن عددا كافيا من تلك الجسيمات يصيب أهدافه ، وينضم الى نويات كثير من الذرات ، أو يفصل عنها بعض أجزائها .

وهـذه الانفجـارات الذرية التى تحدث فى محطات الذرة انفجارات صامتة . فالعملية كلها هادئة ساكنة جدا ، لا يشوبها الا صوت جرس للتحـذير أو أزيز محرك من المحركات . ولا يمكن لأحـد أن يرى القذائف الـذرية ولا الجسيمات الذرية التى تطير من الأهداف . وتقيس « عدادات جيجـر » وآلات أخرى وتزن الجسيمات التى لا ترى والتى قد لا تعيش الا جزءا من الثانية فقط ، كما تسجل « غرف السحاب » بما يتبعها من آلات تصوير تلقائية طرق سيرها . وبمثل هذه الوسائل يكتشف رجال العلم الكثير عن تلك الذرات المدهشة التى يتألف منها العالم .

ولا يزال هناك الكثير مما لم يكتشف بعد عن تلك الجسيمات الضئيلة . وستتضح أمور مدهشة كثيرة ، عندما يصبح شباب اليوم علماء الغد . وستراجع بعض النظريات ، لأن فكرة الانسان عن الحقيقة تتغير كلما ازداد علمه عن القوى التى تسيطر على العالم .

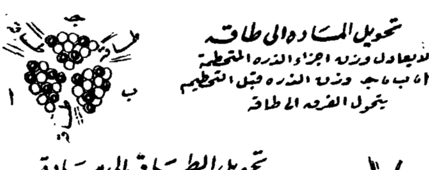
المادة إلى طاقة وبالعكس

وثبتت الآن صحة بعض الأفكار التى اعتقدها الانسان عن الذرات منذ سنين عديدة . ففى عـام ١٩٠٥ ، اقترح

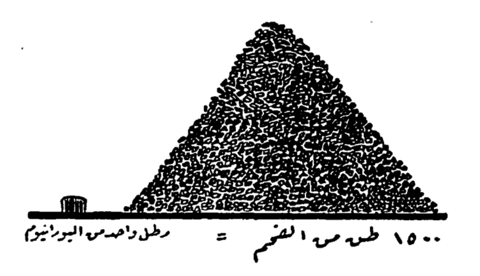
« أينشتين » أنه يمكن تحويل المادة الى طاقة والطاقة الى مادة ، وها قد أكدت التجارب العملية اليوم صدق نظريته فعلا .

فلو أمكن وزن كل أجزاء الذرة المتفجرة ، لكان مجموع أوزانها أقل من وزن الذرة الأصلية بقليل . ففي الحساب الذرى تزن الأجزاء المتكونة أقل من الأصل ، وذلك لأن جزءا من المادة تلاشي وظهر فى صورة طاقة ذرية .

أما تحويل الطاقة الى مادة فيحدث عندما تضاف الطاقة الكهربائية الى الجسيمات أثناء اعدادها كقذائف لاصابة أهدافها فى محطمات الذرة . ففى أحد أنواع محطمات الذرة يزداد وزن الاليكترونات ألف مرة ، نتيجة للكمية الهائلة من الطاقة التى تعطى لها لتزيد سرعتها حتى تقارب سرعة الضوء ، قبل أن ترسل لتحطم أهدافها . ولكى تصل هذه



القذائف الذرية الى تلك السرعة العالية ، فانها تسرى مسافات طويلة داخل المحطم . ففى أحد « البيتاترونات » تسرى الجسيمات ٣٠٠٫٠٠٠ ميل فى طريق دائرى تحت تأثير مغناطيس غاية فى القوة ، وفى كل مرة تسرع القذيفة حول الدائرة ، تزداد سرعتها بنوع من الدفع الكهربائى . وفى كل مرة يتحول جزء من الطاقة الى مادة ، فيزداد ثقل الاليكترون وبذلك استطاع الانسان اليوم أن يحول الطاقة الى مادة أيضا .



عندما يحترق طن من الفحم ، فانه يفقد جزءا صغيرا من وزنه ، حتى ولو جمع كل وزن الرماد والغاز المتكون ، ولكن الفرق يبلغ من الضآلة حداً يصعب معه قياسه . ونظرا لضآلة الوزن المفقود نتيجة للتغيرات الكيماوية — أى عندما لا تنفلق النواة — ساد الاعتقاد سنين عديدة بأنه لم يحدث

أى تغير فى الوزن على الاطلاق . وهذا مثل واحد فقط من أمثلة عديدة لزم تغيير النظريات فيها عند الحصــول على معلومات جديدة .

ومنذ بداية العالم ومادة الراديوم تتحول الى طاقة من تلقاء نفسها باستمرار . أما اليورانيوم فهو المصدر الرئيسى للطاقة الذرية التى أمكن للانسان السيطرة عليها . ولكن حتى فى حالة اليورانيوم ، لم تتحرر كل الطاقة المختزنة فى نواياه . فبفلق ذرات اليورانيوم لم يحرر الانسان من الطاقة الا ما يعادل حوالى جــزء من ألف من مــادة الذرات . أما لو أمكن تحويل رطل من اليورانيوم كله الى طاقة ، فان الطاقة المتكونة تعادل ما يتكون عن حرق ١٥٠٠ طنا من الفحم . وعندما يتعلم الانسان من دراساته فى محطمات الذرة أسرارا ذرية أكثر ، فانه سيعلم كيف يسخر كميات أكبر من الطاقة من كل ذرة فى ما تصلح له من أعمال .



"الفرن الغامض"

شفرة

لو سمعت محادثة تليفونية كالمحادثة التالية ، فهل كنت تفهم معناها ؟

— « رسا البحار الايطالى فى العالم الجديد » .

— « وكيف كان الأهالى ؟ » .

— « أصدقاء جدا » .

وهى محادثة تمت فعلا فى ديسمبر سنة ١٩٤٢ لاعلان نجاح أول فرن ذرى ، وكانت تلك هى المرة الأولى التى حرر فيها الانسان الطاقة من الذرات وسيطر عليها ، وكانت أول

مرة يحطم فيها الانسان الذرات على نطاق كبير ، ويسيطر فيها على التحطيم ، يبدؤه أو يوقفه حينما يشاء .

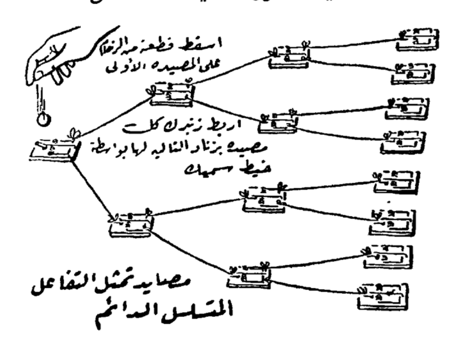
وقد كانت الولايات المتحدة فى حالة حرب عندما تم هذا الحدث الهام ، ولذلك لم يذع أى بيان على الجمهور . وبدلا عن ذلك انتقلت الأنباء بهذه الشـفرة من شـيكاجو الى واشنطون . وبعد أن تقرأ القصة التالية عن أول فرن ذرى ، تستطيع فهم ألغاز هذه الشفرة .

الفرن الذرى

والفرن الذرى جهاز لفلق نويات الذرات . وقد ابتكر أولها سرا قرب ملاعب كرة القدم فى ملعب « سـتاج » بشيكاجو بمقاطعة « الينوى » . فهناك ، على جزء من الملاعب غير المستعملة ، ظل بعض العلماء فى معاملهم يحاولون الاجابة على سؤال معين هو « هل يمكن أن يؤدى فلق ذرة اليورانيوم الى تحرير نيوترونات ، تؤدى بدورها الى فلق ذرات أكثر ، وهكذا ، بحيث يكون التفاعل سلسلة متصلة الحلقات ؟ » .

ولتقريب المقصود « بالتفاعل المتسلسل » المتصل الى الأذهان ، تستخدم مصايد الفيران . فاذا رتبت عدة مصايد فيران على منضدة كما فى الصورة ، وربطت زنبرك كل منها بزناد الأخرى ، ثم أسقطت قطعة من الرخام على زناد أولاها ، فان هذا يؤدى الى تحريك زنبركاتها جميعا فتفتح كل المصايد.

فبالمثل يمكن تشبيه النيوترون بقطعة الرخام . والمعروف أن بعض ذرات اليورانيوم تتحطم تلقائيا باستمرار ، بحيث توجد دائما بعض النيوترونات الطليقة . فاذا جمعت كمية كافية من اليورانيوم مع بعضها ، فان تلك النيوترونات الحرة من بعض الذرات قد تصدم نويات ذرات أخرى ، فتنفلق بدورها ، فتزداد النيوترونات ، وهذه قد تفلق ذرات أكثر ، وهكذا ، مكونة سلسلة من الذرات المحطمة . فلو أمكن حدوث ذلك عمليا ، لتحررت كميات ضخمة من الطاقة .

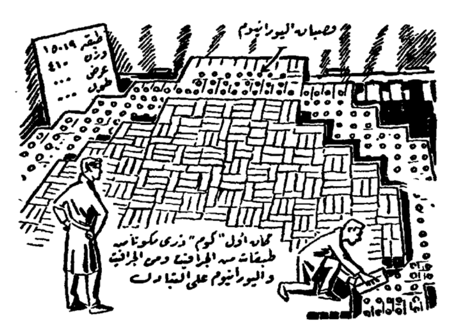


قصة أول فرن ذرى

تصور مدى قلق المشتركين فى مثل هذه التجربة الخطيرة لدى ذهابهم الى العمل كل يوم ! فلم يكن أحدهم يدرى ماذا عساه أن يحدث . ولكن « انريكو فيرمى » العالم

الايطالى المشرف على المشروع ومن كان يعمل معه من زملائه من كبار العلماء كانوا متأكدين تقريبـا من أن التفـاعل المتسلسل يمكن بدؤه .

وبدأ بناء « الفـرن » بطبقة من كتل الجرافيت تشبه قوالب الطوب . والجرافيت نوع من الفحم يستخدم فى صنع أقلام الرصاص . وفائدته فى الأفران تنظيم سرعة سريان النيوترونات ، وبذلك يزداد عدد الذرات التى تتمكن تلك النيوترونات من تحطيمها .

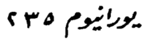


وفوق هذه الطبقة وضعت طبقة أخرى من الجرافيت دفن فيها اليورانيوم وأكسيد اليـورانيوم بشكل ملائم . ولم يكن اليورانيوم كله من النـوع الذى يمكن فلقـه بالنيوترونات العابرة ، لأن اليورانيوم الطبيعى عبـارة عن

خليط من ثلاثة أنواع تعرف باسم يورانيوم ٢٣٤ ويورانيوم ٢٣٥ ويورانيوم ٢٣٨ — وهذه كلها نظائر أو توائم كيمياوية ، لها نفس الخواص الكيمياوية ، ولكن أوزانها الذرية مختلفة . « فالنظائر » أشكال مختلفة لنفس العنصر ، تختلف فى الوزن نظرا لوجود نيوترونات أكثر أو أقل فى نوياتها . فهى تحوى نفس العـــدد من البروتونات ، ولا تختلف الا فى عـــدد النيوترونات فقط .

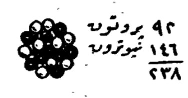
ولا يوجد اليورانيوم ٢٣٤ الا بكميات ضئيلة جدا فهو قليل الأهمية . أما اليورانيوم ٢٣٥ فهو الذى يمكن فلق ذراته بواسطة قذائف النيوترونات ، ويوجد بكميات أقل بكثير من اليورانيوم ٢٣٨ ، لأن فى كل ١٠٠٠ ذرة توجد حوالى ٧ ذرات فقط من اليورانيوم ٢٣٥ . وبمعنى آخر توجد ذرة واحدة من اليورانيوم ٢٣٥ لكل ١٣٩ ذرة من اليورانيوم ٢٣٨ . ولما كانت النظائر كلها موجودة فى الطبيعة ، ويصعب فصلها ، فكل الأشكال الثلاثة كانت موجودة معا فى أول فرن ذرى .

ووضعت طبقة فوق طبقة ، بحيث تتبادل طبقة قوالب الجرافيت المخلوط باليورانيوم مع طبقة الجرافيت النقى — وأشرف على العمل مجموعتان من رجال العلم يعملون فى نوبات عملا متواصلا ليلا ونهارا فى الكشف عن الاشعاعات وقياسها . وبالتدريج ارتفع بناء الفرن .





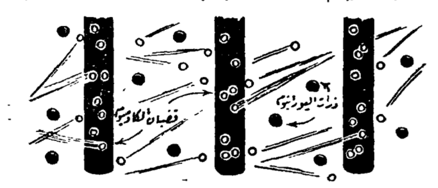
يورانيوم ٢٣٨



وبالرغم من أن أحدا لم يعلم بالدقة كمية اليورانيوم اللازمة ، أو ارتفاع الكوم اللازم لكى يعمل الفرن باستمرار كان من الضرورى البحث عن طريقة لايقاف التفاعل المتسلسل عند الخطر . فقد دلت التجارب التى أجريت من قبل على أنه عندما يصطدم النيوترون بنواة يورانيوم ، تتحول بعض مادة الذرات الى طاقة ، تظهر بعضها فى صورة حرارة ، والبعض فى صورة أشعة فتاكة لا يمكن رؤيتها أو الاحساس بها أو شمها أو سماعها أو تذوقها . وهذا مما زاد من خطورة التجربة ، وضاعف من ضرورة الوقاية من الاشعاعات ، والسيطرة على عمل الفرن . ومن أجل ذلك استخدمت ثلاثة قضبان من الكادميوم ، لأنها المادة التى تمتص النيوترونات . فعند ادخالها فى الفرن تمتص النيوترونات الطليقة فتتكسر حلقات سلسلة التفاعل ، ويقف نشاط الفرن تقريبا .

وكان أحد تلك القضبان أوتوماتيكيا يشغّله محرك ، ويدفعه الى الداخل عندما تصل الاشعاعات حدا معينا . وكان

يمتص الكادميوم النيوترونات الطليقة بدلاً من اصطدامها بذرات اليورانيوم

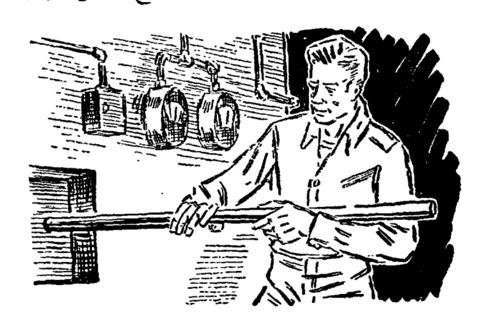


الثانى يعمل بواسطة حبل وبكَرة ، فيُقطع الحبـــل بواسطة فأس عندما يلزم ادخال ذلك القضيب لايقاف التفاعل ، ولذلك أطلق العمال عليه اســـم « السوستة » لأنه يرجع من تلقاء نفسه الى مكانه عند قطع حبله بالفأس . أما القضيب الثالث فيمكن للمشرف عليه ادخاله فى مكانه واخراجه منه بنفسه .

ولا يلزم لذلك الفرن الساكت عديم اللهب أى بادىء لتشغيله ، ولا اشعال لوقوده ، ولا ثقاب لبدء حركة التفاعل المتصل فيه . اذ أن سلسلة التفاعلات تبدأ عندما يتجمع من اليورانيوم ما يكفى لوجود نيوترون واحد طليق على الأقل من كل ذرة من ذرات اليورانيوم ٢٣٥ لتصيب نواة أخرى من يورانيوم ٢٣٥ . ولكن كيف نعلم أن الفرن قد بدأ العمل؟ كيف نعلم أن النيوترونات الطليقة بدأت تصطدم بذرات اليورانيوم وتفلقها بسرعة متزايدة ؟ لمعرفة ذلك بنيت آلات لعد النيوترونات داخل الفرن ، لتعلن عن كميـــة النشاط الاشعاعى بأصواتها وحركات العقارب على عداداتها .

بدأ العمل فى ذلك الفرن فى نوفمبر سنة ١٩٤٢ ، وما أن كان أول ديسمبر سنة ١٩٤٢ الا وكانت التجارب العـادية قد دلت على أن سلسلة التفاعلات تبدأ اذا ما أزيلت قضبان الكادميوم فى اليوم التالى . ولذلك كان « بحارة » المعمل على جانب كبير من التيقظ والاستعداد فى الصباح الباكر من يوم ٢ ديسمبر سنة ١٩٤٢ . فوقف واحد منهم ومعه فأسـه الى جوار حبل القضيب الثانى . وكان آخر مستعدا لاخراج القضيب الثالث . وبناء على أوامر « فيرمى » أخرج القضيب الأول أوتوماتيكيا بواسطة المحرك ، ثم نزع الثانى بقطع حبله ، وأخـرج الثالث ببطء بوصة بعد بوصة . فسمعت أصـوات الآلات ، ودلت المقاييس على أن الفـرن يعج بالاشعاعات .

وراقب هذه الاختبارات طوال الصباح حوالى أربعون



شخصا بقلق متزايد . ثم سمح لهم « فيرمى » بفترة للغداء لأنه علم بحاجتهم الى الراحة ، ثم استمر يجرى تجارب أخرى بعد رجوعهم . وعندما أزيلت القضبان اصطدمت قذائف النيوترونات بالذرات المجاورة ، تفلقها لتنتج ذرات أصغر واشعاعات وجسيمات ذرية ، من بينها نيوترونات تكفى لفلق ذرات جديدة أكثر فأكثر . وما أن كانت الساعة ٣ر٢٥ بعد الظهر حتى أعلن أزيز العدادات ، وتحرك ابرها المتأرجحة بسرعة عن أول تفاعل متسلسل ، واستمر الفرن يفلق الذرات مدة ٢٨ دقيقة . ثم أمر « فيرمى » باعادة ادخال القضبان الثلاثة فى أماكنها داخل الفرن حتى يعترض الكادميوم طريق قذائف النيوترونات التى كانت تطير فى الفرن بسرعة ١٠ر٠٠٠ ميل فى الثانية . فاصطدم كثير منها بالكادميوم وامتصت فيه ، فأوقف التفاعل المتسلسل ولم تعد كميات خطيرة من الحرارة والاشعاعات تتولد فى الفرن الساكت .

ورغم أن كمية الطاقة المتولدة من أول عملية للفرن الذرى كانت أقل من الكمية اللازمة لاضاءة مصباح كهربائى صغير ، فقد كانت هذه العملية التاريخية غاية فى الأهمية ، كما كانت أهم خطوة فى بداية البرنامج الذرى كله .

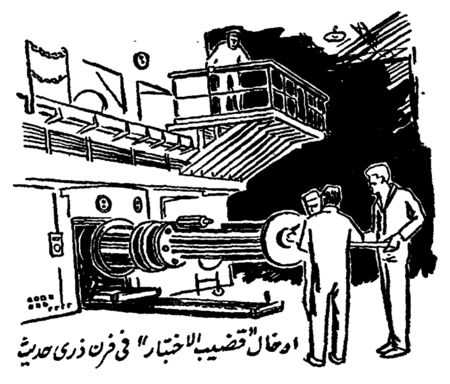
والآن استمع مرة أخرى الى المحادثة التليفونية :

— « لقد رسا البحار الايطالى فى العالم الجديد »
(أى أن فيرمى الايطالى نجح فى احداث تفاعل متسلسل ، وهو شىء جديد فى تاريخ العالم) .

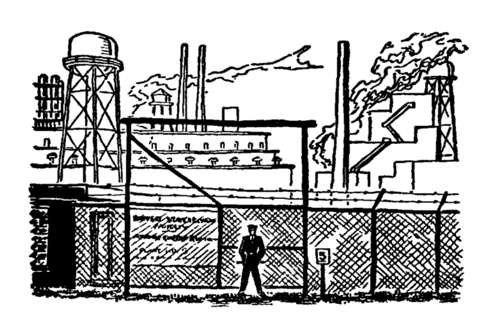
– « كيف حال الأهالى ؟ » (أى هل أمكن السيطرة على التفاعل ؟)

– « أصدقاء جدا » (أى : نعم ، أمكن السيطرة عليه) .

أما ما يحدث بالضبط لذرات اليورانيوم فى ذلك الفرن أو فى أى فرن آخر اليوم فما زال غامضا بعض الشىء ، لأننا لا نعلم حقيقة طبيعة القوى الرابطة بين أجزاء نويات الذرات معا . ولكن منذ ذلك اليوم الذى أقيم هذا الفرن الذرى الأول ، أقيمت أنواع مختلفة من الأفران الضخمة ، تسمى « المفاعلات النووية » تؤدى أغراضا متباينة فى الولايات المتحدة وغيرها من الدول . فهناك أنواع مختلفة من المفاعلات ، تتباين فى أحجامها ، وما يستخدم بها من وقود ، ودرجة نقائه . فنوع المفاعل المراد بناؤه يتوقف على ما يريد العالم انتاجه فيه ، أو تشغيله من أجله .



ادخال "قضيب الاختبار" فى فرن ذرى حديث



اليورانيوم خلف الأسوار

البلوتونيوم : عنصر من صنع الانسان

بالقرب من مياه نهر كولومبيا فى ولاية واشنطون يحتل مصنع ذرى ضخم مساحة تعادل نصف مساحة جزيرة « رود آيلاند » ، وقد اعتبر أحد عجائب الدنيا السبع . ويسمى « مشروع هانفورد » الذرى ، تُنتج فى أفرانه شركة جنرال اليكتريك ومؤسسة الطاقة الذرية عنصرا جديدا من صنع الانسان هو « البلوتونيوم » ، لم تعرفه الطبيعة من قبل .

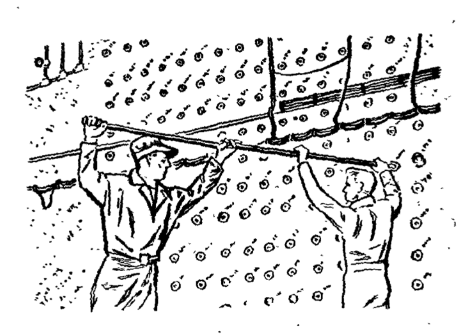
والبلوتونيوم من مصادر الثروة القومية الهامة ، اذ يمكن

أن تتحرر منه كميات هائلة من الطاقة عندما تصوب اليــه قذائف النيوترونات . كما يمكن تخزينه فى أمان آلاف الأعوام ، لأن « أمد انتصافه » ٢٤٫٠٠٠ سنة ، ففى تلك الحقبة من الزمن يتحطم نصف أى كمية منــه ، ويمكن استخدامه فى زمن الحرب لحماية البلاد ، وفى وقت السلم لخدمة الانسانية .

وقد يدخل بعض ما استخرج من اليورانيوم من المناجم فى « كولورادو » مثلا عبر البوابات المحروسة لذلك المصنع الى منطقة محرمة ، حيث « يطهى » فى « مفاعل نووى » حتى يتحول بعضه الى « البلوتونيوم » .

واذا فرض أنك استطعت مراقبة ذلك اليورانيوم أثناء « طهوه » فى تلك الأفران الغامضة فى « هانفورد » ، فسترى جدرانا ضخمة كأسوار القلاع ، مبنية من المسلح والرصاص تقى العمال من الاشــعاعات الفتاكة التى تنتجها الذرات المتحطمة . أنظر الى جدران المفاعل المرسومة هنا ، انهــا ترتفع لعدة طوابق ، وبها عدة فتحات كل منها تشبه القطعة الفضية ذات الخمسة قروش ، وتدفع خلال احداها ماسورة تحوى اليورانيوم ، مثلها فى ذلك كمثل مئات المواســير الأخرى . وعندما تنتهى عملية التعبئة ، تسد تلك الفتحات بسدادات من الرصاص ، ثم تزال القضبان المعدنية ، لتزال الموانع من طريق انتشار النيوترونات ، فتسرى ثم تصيب

نويات ذرات أخرى ، وحينئذ يبدأ تفاعل متسلسل ، فيبدأ الفرن في العمل .



ولا يصحب هذا أى حركات لأجزاء آلية كبيرة ، ولا يتصاعد أى دخان ، أو تشتعل أى نار . ولا تسمع الا صوت أجهزة التهوية الخافت ، وصوت المضخات التى تدفع الماء خلال المفاعل لامتصاص الحرارة . ولا ترى الا رجالا ونساء فى معاطف بيضاء يراقبون الأنوار الحمراء والخضراء وعقارب العدادات ، ويضبطون الآلات فى غرفة المراقبة .

وبعد شهور من « الطهو » تتحول بلايين من ذرات اليورانيوم الى البلوتونيوم نتيجة لاضافة نيوترونات الى نواها . وعندئذ تدفع الماسورة الى الخارج من الجانب

الآخر للمفاعل ، وتلقى فى قناة بها ماء عمقه ٣٠ قدما . وتبدو كماكانت من قبل ادخالها المفاعل بالضبط ، ولكنها الآن فى الواقع « ساخنة » ، أى ذات نشاط اشعاعى ، تنبعث منها اشعاعات فتاكة بالكائنات الحية . وفى قناة الماء يحيط بكل ماسورة وهج أزرق جميل نتيجة لتلك الاشعاعات الشديدة .



"الأيدى الميكانيكية" تقلد حركات المشتغل بها

ومن الآن فصاعدا يجب الاشتغال بالناتج بواسطة أيد ميكانيكية اذ لا يستطيع العمال استنشاق الهواء المحيط بمحتويات المواسير . ولذلك يفصل البلوتونيوم النقى من الفضلات المشعة بأجهزة ميكانيكية تؤدى العمل من بعيد ، ثم يخزّن سرا حتى تحتاج اليه البلاد .

فصل نظائر اليورانيوم

ومن جهة أخرى ، فقد يسير اليورانيوم الذى استخرج

من المنـــجم فى طريق آخر ، ولكنه طــريق لا يقل غرابة ولا ادهاشـــا .

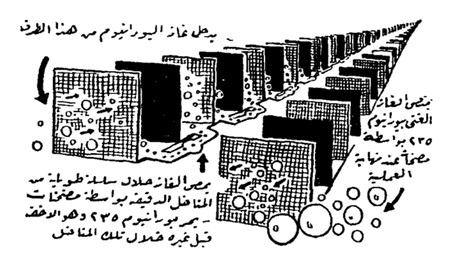
فقد يرسل ذلك اليورانيوم الى أحد مصانع فصـــل اليورانيوم التى تديرها مؤسسة الطاقة الذرية ، حيث يجرى فصل اليورانيوم ٢٣٥ من اليورانيوم ٢٣٨ وهو الأكثر ثباتا . وهذه العملية صعبة جدا ، لأن نوعى اليورانيوم متشابهان تماما فى الخواص الكيمياوية ، ولذلك يلجأ العلماء الى الفرق الطفيف بين وزنيهما لحل تلك المشكلة .

وعملية فصل نظائر اليورانيوم أصعب من أى شىء يمكنك تصوره . ففى مصنع الفصل «بأوك ريدج» فى ولاية «التنسى» حيث يجرى جزء من ذلك العمل ، تستخدم يوميا لتشغيل مضخات المصنع كمية من الكهرباء تكفى لسد حاجة نصف مدينة نيويورك من الطاقة الكهربائية . وتتضمن هذه العملية مبان ضخمة ، وأميالا وأميالا من المواسير والأسلاك ، وأجهزة معقدة وكثيرا من الرجال العاملين المجدين .

ففى بناء طوله ميل وارتفاعه أربعة طوابق ، يندفع غاز ساخن يحوى اليورانيوم والفلور بواسطة مضخات خـــلال مواسير مقفلة . ولا يمكن صنع تلك المواسير من معدن معتاد ، لأن الغاز يبلغ من النشاط حدا يجعلها تتآكل ، حتى أنه يشعل

بعض المعادن ويأكل الزجاج — ولذلك وجب ابتكار مواد جديدة لمرور ذلك الغاز وتخزينه ، وفى تلك المواد السرية يفصل اليورانيوم ٢٣٨ (وهو الأثقل قليلا) من اليورانيوم ٢٣٥.

ويجب أن تكون الأجهزة فى مصنع الفصل محكمة لا تسمح لأى شىء بالتسرب ، لأن الغاز سام جـدا . ولذلك يركب المسئولون عن تشغيل المضخات ومحطات المراقبـة دراجات للمرور على مواسيرها الطويلة للتأكد من أن كل شىء على ما يرام .

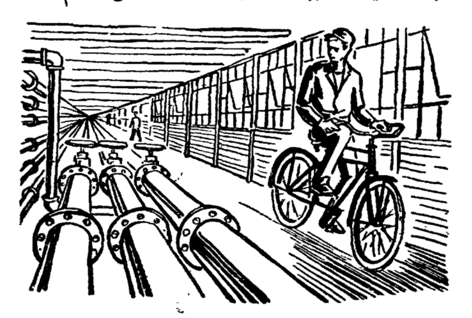


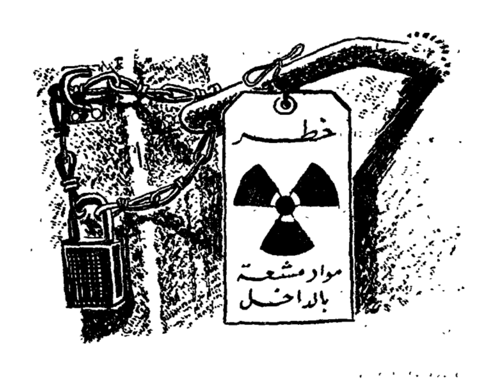
ويمر الغاز (أثناء رحلته خلال أميال من المواسير) من مناخل يقل قطر ثقوبها عن جزئين من المليون من البوصة . فيصفى الغاز ، وتمر ذرات اليورانيوم ٢٣٥ (وهى الأخف قليلا) من الثقوب أولا ، فيسحب ذلك الغاز الغنى بيورانيوم ٢٣٥ مباشرة بواسطة المضخات. وبعد ذلك يحول الكيمائيون

ذلك الغاز الغنى بيورانيوم ٢٣٥ مرة أخرى الى معدن اليورانيوم ، وذلك بفصله من الفلور الذى كان متحدا معه . ثم يخزن المعدن سرا لاستعماله فى المستقبل .

واذا لم تكن هناك حاجة الى اليورانيوم ٢٣٥ ، فانه يمكن تخزينه فترة طويلة من الزمن ، لأنه لا يتحطم الا ببطء جدا ، بحيث لا يفقد الا نصفه كل أربعة ملايين من الأعوام .

ونظرا لطول أمد اتصاف اليورانيوم ٢٣٥ والپلوتونيوم ، فانهما يعتبران أهم مصادر الثروة القومية ، اذ يختزنان طاقة ضخمة يمكن تحريرها عند الحاجة اليها — بسرعة كما فى القنبلة الذرية ، أو ببطء لتوليد الطاقة فى زمن السلم .





خطر! نشاط إشعاعى

القمامة الذرية والتخلص منها

لا يمكن أن يجمع كناس معتاد « الرماد » المتخلف من الأفران النووية ، لأنه « ساخن » ، أى تنبعث منه اشعاعات . فالمفاعل النووى الواحد ينتج من الاشعاعات ما يعادل ما ينبعث من عدة أطنان من الراديوم .

ولما كان أكثر ذلك « الرماد » يفقد نشاطه الاشعاعى بسرعة ، فيمكن تخزينه داخل أسوار واقية حتى يزول عنه

الخطر ، ثم يتخلص منه كبقية الفضلات الصناعية ، كما أن بعضه يمكن تخفيفه بالماء حتى يزول ضرره .

والمعروف أن فضلات بعض الصناعات العادية تلقى حتى الآن فى مجارى الأنهار فتلوث مياهها وتسبب الكثير من المشاكل . أما فى برنامج الطاقة الذرية فقد كان من الضرورى بذل العناية الكاملة للتخلص من الفضلات منذ بداية البرنامج ، لأن الاشعاعات الفتاكة المنبعثة من الذرات المتحطمة أشعة خفية لا يمكن أن يراها أو يسمعها أو يحس بها أى انسان .

ولم يكن جمع القمامة المشعة مشكلة الا منذ تعلم الانسان تحطيم الذرات ، ذلك لأن العالم كله لم يستخدم خلال الخمسين عاما الأخيرة الا ثلاثة أرطال من الراديوم . وكلما نما برنامج الطاقة الذرية ، ازدادت كمية القمامة المشعة المتخلفة وازدادت مشاكل التخلص منها .

المدافن الذرية

وقد بنيت خزانات تحت سطح الأرض ، لتخزين المواد المشعة ، ولكنها أخذت تمتلىء بسرعة لم تكن فى الحسبان . كذلك تحرق بعض الفضلات ، ولكن يجب الاحتراس لمنع الغازات المشعة المتكونة من الانتشار فى الجو . كما أن بعض الفضلات ذات النشاط الاشعاعى تلقى فى قاع البحر ، بعد

تخزينها فى صناديق من المسلح ، وذلك لمنع تسرب الاشعاعات من الصناديق ، ولابقائها فى القاع ، وتخصص مناطق معينة كمدافن تحت الماء لتلك الفضلات .



كذلك تصنع خيوط من الطين كالمكرونة لامتصاص بعض الفضلات الذرية ، ثم تخبز لتصبح كقوالب الطوب ، ثم تدفن فى باطن الأرض .

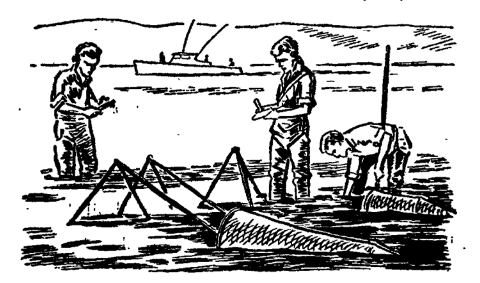
المجارى الذرية

كذلك نرى نهر كولومبيا ، الذى يزيل معه الحرارة من المفاعلات فى « هانفورد » حيث يصنع البلوتونيوم ، يزيل معه بعض المواد ذات النشاط الاشعاعى . وذلك لأن ماء النهر البارد يسحب بواسطة مضخات الى داخل المفاعلات بسرعة آلاف الجالونات فى كل دقيقة ، وكلما سار الماء خلالها ، تعرضت المعدنيات الذائبة فيه لقذائف النيوترونات ، وبذلك

تصبح مشعة الى حد ما . ولذلك يجب التخلص منها بنفس العناية كغيرها من أنواع القمامة الذرية . فقبل أن يعاد الماء الى النهر يخزن فى أحواض كبيرة حتى يتحلل بعض ما به من مواد ذات نشاط اشعاعى . ولا يصب الماء فى النهر الا عندما يصبح ما يتبقى به من اشعاعات ضئيلا جدا .

ويقوم بعض علماء شركة « جنرال اليكتريك » بدراسات متواصلة لاكتشاف ما اذا كان لهذه الكمية الضئيلة أى أثر على السمك وغيره من الأحياء المائية التى تعيش فى النهر .

فيشق قارب خاص عباب النهر جيئة وذهابا ، ويجمع بحارته عينات من ماء النهر ومن السمك وغيره من حيوانات النهر ونباتاته . وبالاضافة الى هذا ، يجمع عمال يرتدون أحذية طويلة من المطاط وملابس واقية خاصة عينات أخرى من المناطق الضحلة من النهر . وترسل العينات بسرعة الى المعامل حيث تختبر لتقدير كمية النشاط الاشعاعى التى امتصتها بالضبط .



وتدل الدراسات على أنه لم يحدث أى ضرر للحياة النهرية نتيجة للكميات الضئيلة من المواد المشعة التى ألقيت فيــه . ولكن العلماء مستمرون فى الصيد وتحليل كل عينة لتقدير نشاطها الاشعاعى حتى لا تحدث أية زيادة مفاجئــة منها فى النهــر .

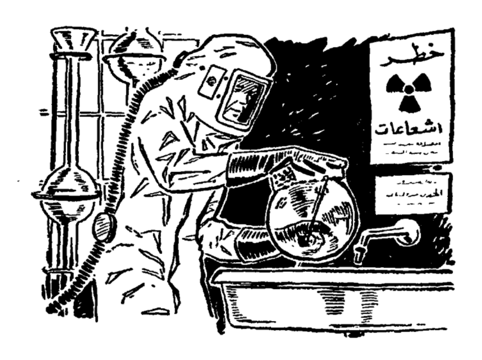
هدم المبانى الذرية

وليست هناك طريقة مثالية واحدة للتخلص من الفضلات، لأن طريقة التخلص من النشاط الاشعاعى تعتمد غالبا على نوعه وقوته وطول حياته . فبعض الكيمياويات تظل «ساخنة» ملايين السنين ، فى حين تصبح غيرها عديمة الضرر بعد جزء من الثانية . واذا أريد هدم مبان مؤقتة « ساخنة » ، فانها تطلى حتى لا تنتشر حبيبات المواد ذات النشاط الاشعاعى المعلقة على سطحها ، ثم تزال تلك المبانى بعناية ، لوحا لوحا ، وتدفن . وحتى الفيران الموجودة فى مثل هذه المبانى قد تكون ذات نشاط اشعاعى ، ويجب التخلص منها بعناية .

قمامة المعامل والمستشفيات

وترى فى الصورة رجلا يتخلص من « قمامة » معمــل للأبحاث تستخدم فيه مواد « ساخنة » . ولذلك تجد ملابسه الواقية تكسوه تماما ، ولغطاء رأسه نافذة من اللدائن الشفافة

أمام عينيه ، وعلى رأسه وكتفيه غطاء آخـر من اللدائن . كذلك يقى يديه بقفاز من المطاط ، وتغطى ساقيه أحذية طوال فوق الأحذية المعتادة ، ويصله هواء نقى يصب فى غطاء رأسه لأن هواء الغرفة قد لا يكون صالحا للتنفس ، لأنه قد يحوى بعض الرماد ذى النشاط الاشعاعى .



والى جانبه ترى بعض السوائل ذات النشاط الاشعاعى فى ذلك « الوعاء الساخن » . وتراه يصب بعض السوائل الأخرى في بالوعة خاصة ، تؤدى الى خزان تحت الأرض ، تخزن به المواد المشعة حتى تنتهى اشعاعاتها المهلكة .

وقد اعتمدت لجنة الطاقة الذرية عددا قليلا من الشركات

لنقل الفضلات « الســاخنة » من المستشفيات والمعــامل والمصانع التى تستخدم كميات صغيرة من تلك المواد . وتحصل شركات جمع القمامة الذرية هذه أجورا عن نقل كل صفيحة سعتها ٥ جالونات من الفضلات الذرية . وتأتى بسياراتها بانتظام وفى مواعيد محددة الى الزبائن . وتوجد فى كرسيها الأمامى آلة للتأكد باستمرار من عدم تسرب أى اشعاعات خطرة من القمامة من خلال الصفائح الموضوعة بها .

اختبار الأرض والهواء

كما يقوم المخبرون الصحيون بفحص المناطق القريبة من المشروعات الحكومية والصناعات الخاصة التى تنتج فضلات ذات نشاط اشعاعى . فحتى الهواء الخارج من تلك المبانى يجب تنظيفه بعناية قبل أن يتركها ، حتى لا يكون هنــاك احتمال لانتشار أى أشعة خطــيرة قد تؤثر فى النــاس أو الحيوانات أو النباتات .

ففى معمل « بروكهافن » القومى مثلا يعمل الموظفون فى ١٦ محطة على الدوام لاختبار النشاط الاشعاعى للهواء . فاذا وجدت به كميات أعلا من حد الأمان ، يوقف المفاعل الذرى فى المعمل الموجود بتلك المنطقة .

وداخل المعمل نفسه ترى رجلا فى ملابس واقية ذات ياقة

حمزاء ، يدفع أمامه آلة على الأرض باحثا عن مواد ذات نشاط اشعاعى تكون قد انتشرت عليها . وتسمى تلك الآلة «فيدو» ، وهى عبارة عن « عداد جيجر » مركب على عجل ويتصل بسماعات . فاذا أسرعت الأصوات المستمرة التى يسمعها ذلك



العامل فجأة ، دله ذلك على أن بعض المواد ذات النشاط الاشعاعى قد انتشرت على الأرض فى تلك المنطقة .

طرق الوقاية

ويتضمن برنامج الطاقة الذرية بحوثا كثيرة لتقدير « حد الأمان » من النشاط الاشعاعى ، ولايجاد طرق أفضل للتخلص من الفضلات ذات النشاط الاشعاعى ومعالجتها .

وكلما ازدادت التطبيقات السلمية للطاقة الذرية ، ترسل

الذرات اشعاعاتها فى أماكن أكثر وأكثر كل عام ، ويزداد عدد المشتغلين مباشرة بالمواد ذات النشاط الاشعاعى . فبعضها تستخدمه لجنة الطاقةالذرية مباشرة ، وبعضها الآخر يستخدم فى المستشفيات ومعامل البحوث والصناعات العديدة المختلفة.

وقد تتاح لك الفرصة فى المستقبل للعمل بالمواد ذات النشاط الاشعاعى ، فكيف تقى نفسك من أشعتها المهلكة ؟

فلجنة الطاقة الذرية مكلفة — بالاضافة الى حماية الأمة من المعتدين — بوقاية عمالها ومن توزع عليهم النظائر من الاشعاعات التى تنبعث من ذراتها المتحطمة . ولهذا ترعرع ميدان علمى جديد هو علم الطبيعة الصحية ، لوضع مقاييس وتدابير للأمان ، وذلك بالعمل على وقاية الناس من الاشعاعات بابتكار طرق ملائمة للعمل والوقاية من التعــرض الزائد للأشعة ، والتحذير عند زيادتها . كذلك يبحث رجال هذا العلم فيما تسببه الأشعة للأفراد من أضرار ، وتعيين الحدود التى ينبغى ألا يتعرضوا لأكثر منها . ولذلك يمكن الاشتغال بأية كمية من الاشعاعات مهما كبرت ، اذا ما اتخذت الاحتياطات الكافية . فلا داعى للخــوف من الاشــعاعات ، اذا قدرها المشتغلون بها واحترسوا منها .

وهناك أنواع عديدة من آلات اكتشاف الأشعة تستخدم باستمرار لوقاية المشتغلين بها . فتحمل شارات معينة تحوى فيلما يمكن تحميضه ، وتعيين كمية التعرض منه ، وتختبر شارات الأفلام دوريا ويحتفظ ببيانات دقيقة لكل فرد ، لها أهمية خاصة نظرا لتراكم آثار جرع الأشعة فى الجسم .



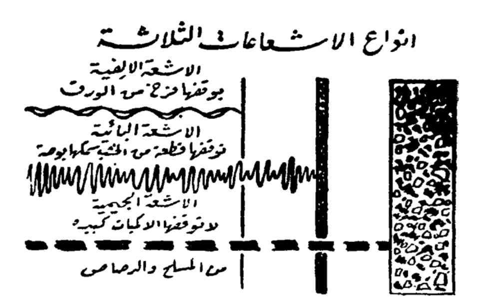
وفى الصورة يستخدم رجل عداد قدم ويد لاكتشاف أى تلوث يكون قد لحق بهما . ويمرر آخر « عداد جيجر » على ملابس زميل له ليختبرها . وتطلق على الآلات الأخرى أسماء مستعارة فكاهية خاصة .

ويتوقف نوع المراقبة على كمية ونوع الاشعاعات التى قد يتعرض لها الناس . فالمواد ذات النشاط الاشعاعى تنتج نوعا أو أكثر من الأنواع التالية من الاشعاعات ، وكلها لا يمكن رؤيته .

فأحد هذه الأنواع « الجسيمات الألِفية » ، يتألف كل منها من مجموعة من اثنتين من البروتينات واثنتين من النيوترونات انبعثت من نواة ذرة متحطمة . وهذه الاشعاعات لا تستطيع اختراق الجلد السليم ، ولكنها لو تولدت عن أحد النظائر المشعة التى تكون قد دخلت الجسم ، لسببت ضررا بليغا — أما فى الهواء فتسرى مسافة بوصة واحدة فقط ، ويمكن ايقافها بقطعة من الورق .

أما « الجسيمات البائية » فهى اليكترونات تسرى بسرعة عالية عندما تنطلق من بعض الذرات ذات النشاط الاشعاعى. وهذه الأشعة التى لا ترى تسرى حتى بضعة أقدام فى الهواء، ولكن يمكن ايقافها بلوح من الخشب سمكه بوصة ، كما أنها تستطيع أن تخترق ثلث بوصة من أنسجة الانسان مسببة حروقا شديدة .

أما « الأشعة الجيمية » فتخترق أعماقا كبيرة ولا يمكن



ايقافها الا بكمية كبيرة من المسلح أو الرصاص . وهذه هى الأشعة القريبة من الأشعة السينية التى تنطلق من الراديوم واليورانيوم .

أما « النيوترونات » فتستطيع اختراق عـدة أقدام من الأنسجة ، ولذلك فهى خطيرة جدا ، والوقاية منها شـبيهة بالوقاية من الأشعة الجيمية .

وبالرغم من أن تلك الجسيمات السريعة والموجات المنبعثة من الذرات ذات النشاط الاشعاعى قد تسبب ضررا بالغـا لجسم الانسان ، فان علماء الطبيعة الصحية يتخذون الاحتياطات الكافية لابقاء مجموع ما يتعرض له المشتغلون بالذرة كل عام دون حد الأمان بكثير . فقد تصيبك من أخذ صورة بالأشعة السينية لجهازك الهضمى اشعاعات أكثر مما يتعرض له المشتغل

بالذرة فى عام كامل ، رغم أنه يشتغل بمواد « ساخنة » كل يوم .

الصندوق الذرى

فاذا كان العمل بسيطا لا تتحرر فيه الا كميات متوسطة فقط من الاشعاعات ، فيمكن فى هـذه الحالة اسـتخدام « الصندوق الجاف » أو « الصندوق ذى القفاز » . وهو عبارة عن صندوق مغلق ، له واجهة زجاجية وسقف زجاجى ، وله قفازان يمكن للعامل أن يدخل فيهما يديه . ويسرى فى الصندوق تيار من الهواء يرشح عند خروجه منه لازالة ما قد



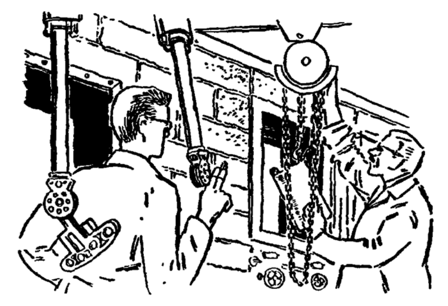
يكون عالقا به من غبار ذرى . ويمكن أن تدار بعض الصناديق الكبرى فى أى اتجاه حتى يمكن للعامل بلوغ أى جزء منها .

أما اذا كان العمل يستلزم اشعاعات قوية ، فيلزم لذلك « كهف ساخن » ، وهو صندوق ضخم جدرانه وسقفه من المسلح السميك . يبدأ العمل بفتح بابه الذى يزن سبعة أطنان من المسلح ، بسحبه على سكة حديدية صغيرة . ثم تفحص جدرانه بالآلات للتأكد من عدم بقاء أى نشاط اشعاعى بها من آثار التجارب السابقة . ثم توضع الأجهزة اللازمة للتجربة فى الكهف ، ويوضع بعضها فى صندوق شفاف من اللدائن . وبعد أن يتم وضع كل شىء ، تجرى تجربة «جافة» أولا للتأكد من أن كل شىء على ما يرام .

ثم يُدفَع وعاء ثقيل من الرصاص الى داخل الكهف ، وتوضع فيه عينة اليورانيوم ٢٣٥ ، ويرفع فوق الرف بواسطة رافعة ذات سلسلة . ثم تزال السلسلة ويغلق الباب ، وتبدأ التجربة . ويجب ألا يلمس أى انسان اليورانيوم ٢٣٥ أو يستنشق الهواء المحيط به ، ولذلك يستخدم فى العمل به من بعيد « عامل آلى » ينفذ جميع حركات اليدين ، بينما يظل الانسان خارج الكهف يراقب ما يحدث داخله خلال نافذة واقية من الزجاج الملون سمكها ثلاثة أقدام .

وأثناء العمل تسحب آلة خاصة بعض هواء غرفة المراقبة

التى يوجد بها الباحث وتمرره خلال ورق ترشيح ، وتختبره لتكتشف ما قد يكون قد حدث له من تلوث .



واذا أراد الباحث اخبار مساعده عن جهاز معين فى الكهف، فيستطيع بكل سهولة أن يشير اليه وهو على بعد ستة أقدام بأحد أصابع العامل الآلى . واذا أراد قراءة أحد الأجهزة ، استخدم نظارة مقرِّبة تثبت أمام عينيه ، وتستند الى أذنيه بذراعين كالنظارات العادية تماما .

وتتم التجربة بنفس السهولة ، كما لو كان الباحث يعمل بأصابع يديه ، فذلك « العامل الآلى » يستجيب لكل حركة من عضلاته . وبعد الانتهاء من التجربة ، يوضع اليورانيوم فى غلافه المصنوع من الرصاص ، ويسحب المساعد الباب ليفتحه . ثم يرسل وعاء الرصاص الذى يحوى اليورانيوم الى الكهف الخاص به حيث تخزن كل المواد ذات النشاط

الاشعاعى فى أمان ، ولا تصل أشعتها الى أى كائن حى .

وتوجد فى بعض الكهوف الساخنة الأخرى أجهزة آلية أقل تعقيدا من الجهاز السابق ، يمكن تشغيلها بتحريك بعض المفاتيح ، فتتحرك قبضتها ويدها المصنوعة من الصلب داخل الكهف . ولو أنها لا تستطيع الحركة فى كثير من الاتجاهات كيد الانسان أو كالعامل الآلى السابق ، الا أنها تستطيع أداء عمليات معينة بسهولة تامة .

وفى بعض المبانى الأخرى يستطيع المشتغل بالذرة أن يرى تجاربه على شاشة تليفيزيون خاصة ، تمكنه من رؤية الأبعاد الثلاثة كلها اذا ما لبس نظارات خاصة . وبذلك يستطيع أن يؤدى بمساعدة « العامل الآلى » عمليات غاية فى الدقة ، وهو آمن بعيد بمسافة كافية عن « المواد الساخنة » .

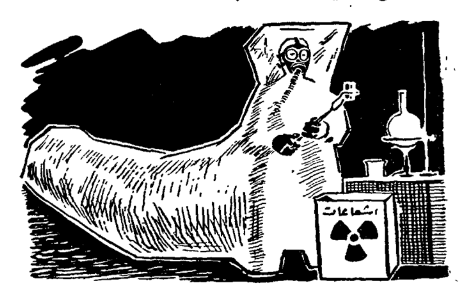
البركة الذرية

وهناك آخرون يفحصون المواد فى بركة عميقة من الماء . ففى ذلك المعمل الموجود تحت الماء تمتص الأشعة المتولدة من الذرات المتفجرة قبل أن تصل الى البحاث الذين يستخدمون طرق التشغيل عن بعد فى عملهم .

الملابس الذرية

وقد يلزم أن تلبس لبسا تبدو فيه أغرب من رجال المريخ حين تعمل فى بعض المشروعات الذرية . فهناك حلة من

اللدائن ، لها وصلات تربطها معا ربطا محكما . وتحمل على ظهرك خزانا يدخلك منه الهواء عن طريق فتحة فى الجزء الأعلى من الحلة . وبذلك تتنفس هواء نقيا ، دون أى خطر من تسرب الهواء الذى قد يكون ملوثا بمواد مشعة خلال فتحات الحلة التى ترتديها ، لو كان بها فتحات .



وهناك حلة أخرى أغرب من هذه يلبسها عمال الاصلاح الذين يضطرون الى العمل فى مناطق ضيقة لا تسمح لهم بلبس الحلل الضخمة . فقد يزحف العامل منهم فى حلة رقيقة من اللدائن ، لها ذيل طويل يشبه النفق ويمتد الى فتحة فى الحجرة المجاورة ، وتمر فيه أسلاك وأنابيب توصل اليه الهواء للتنفس ، ويلبس قفازا من الحرير الصخرى . كل هذا ليستطيع اصلاح آلات ذرية يضعها على شريط يتكون من ذيل حلته نفسها وتمكنه هذه الحلة من التحرك فى « الغرف الساخنة » بأمن تام طالما لم يتمزق أى جزء منها .

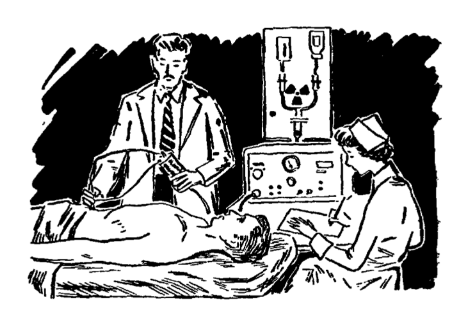
أجراس

وهناك أجراس تدق وقت الخطر . فلو مر عامل مثلا من منطقة كانت بها مواد ذات نشاط اشعاعى ثم لوث ملابسه منها ، فعندما يمر من الباب المحاط بعدادات جيجر ، فانها تدق أجراسا لتنبئه وتنبىء كل زملائه بأنه لابد وأن يكون قد تلوث . فيسرع الى « الدش » ليستحم ، وتدفن ملابسه مع بقية الفضلات ذات النشاط الاشعاعى . ثم يمنع عن العمل فى المناطق ذات النشاط الاشعاعى فترة من الزمن ، يفحص فيها الأطباء حالته الصحية دوريا للتأكد من أنه لم يختزن فى جسمه مواد ذات نشاط اشعاعى .

وتتخذ كافة الاحتياطات لحماية كل عامل فى برامج الطاقة الذرية ، فلا تجرى أى تجربة أو عملية الا بعد اتخاذ الاحتياطات الشديدة . وحتى المكانس فانها تختبر للتأكد من أنها لم تلتقط أى غبار ذى نشاط اشعاعى . ولا تسمح لجنة الطاقة الذرية للعمال بالتعرض الا لكميات من الأشعة لا تحدث لهم أى ضرر حتى لو تعرضوا لها طوال حياتهم .



يكشف عن التراب المشع فى أدوات التنظيف

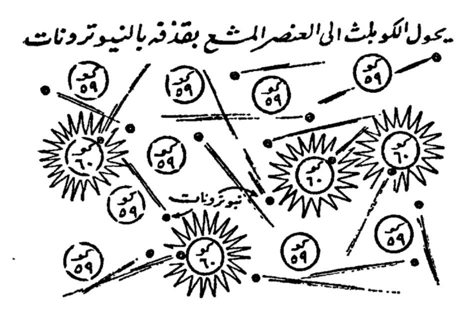


الطبيب والذرة

الراديوم والنظائر الصناعية

كان الراديوم قبل عام ١٩٣٠ العنصر الوحيد الذى عرف بأن ذراته تتكسر بسرعة تكفى لاستخدامه فى علاج السرطان وغيره من الأمراض . وعندما صنعت النظائر المشعة بقذف العناصر فى محطمات الذرة بالقذائف الذرية ، لم يفض منها فى أول الأمر الا" القليل من المــواد الصالحة للبحاث من الأطباء وللمستشفيات ، فكانت باهظة التكاليف ، نادرة جدا ، ولكنها زادت قليلا من المورد الضئيل من المواد المشعة التى كانت مخصصة لتلك الأغراض .

أما الآن فينتج من النظائر المشعة فى المفاعلات النووية آلاف أضعاف ذلك الانتاج . فبالاضافة الى النظائر المشعة التى تتخلف « كرماد نووى » ، تحضر أكثر النظائر المشعة الشائعة « حسب الطلب » بوضع كميات صغيرة من العنصر المطلوب فى وعاء داخل المفاعل ، حيث تصبح ذراته هدفا لملايين النيوترونات الطليقة التى تحررت بتكسير ذرات اليورانيوم . فتنجح بعض النيوترونات فى دخول النويات الذرية للعنصر ، وبتلك الطريقة تتكون النظائر الأثقل لذلك العنصر .



الكوبلت ٦٠

فلنفرض أن العلماء يريدون صناعة كوبلت به ستين جسيما فى مركزه . فيوضع الكوبلت الطبيعى الذى يحوى ٥٩ جسيما فى نواته فى الفرن الذرى ، حيث تتطاير حوله فى كل الاتجاهات

بلايين لا تحصى من النيوترونات . ويندفع كثير منها تجاه ذرات الكوبلت فى مساحات الفضاء الشاسع الموجودة بين نوياتها وما يحيط بها من حلقات الاليكترونات . فيصطدم أحد النيوترونات بين آن وآخر بذرة الكوبلت ٥٩ فيحيلها الى كوبلت ٦٠ ، وهى ذرات ذات نشاط اشعاعى ، لأنها الآن تحوى عددا من الجسيمات أكبر من العدد الطبيعى ، يسبب لها « عسر هضم » ذرى .

السرطان

ويستخدم بعض ذلك الكوبلت الذى « طهى » فى الفرن الذرى فى علاج السرطان . فتملأ أنابيب رفيعة من النايلون بالكوبلت ٦٠ ، وتحاك فى كتلة السرطان ، فتهلك أنسجتها المريضة بفعل الأشعة القاتلة المنبعثة من ذراتها المشعة . ومنذ عام ١٩٤٦ حولت عجائن وأسلاك وابر رفيعة طبية مختلفة من الكوبلت ٥٩ الى كوبلت ٦٠ فى الفرن الذرى « بأوك ريدچ » . وبعد اختبارها فى الحيوانات ، استخدمت فى علاج بنى الانسان ، لتؤدى العمل الذى كان يؤديه فيما قبل الراديوم وهى أرخص منه بكثير .

وبعد ذلك أحيطت أسلاك دقيقة من الكوبلت المشع بخيوط من النايلون ، لتستخدم فى حياكة الأنسجة بعد أن

يزيل الجراح منها الأورام السرطانية ، لتبيد ما يكون قد تبقى بها من خلايا سرطانية . كذلك صنعت فى « أوك ريدج » قذائف من الذهب ذى النشاط الاشعاعى يمكن دفنها فى الأورام الداخلية العميقة بتصويبها اليها من مدفع خاص .

الصيدلية الذرية

ولعل أغرب صيدلية فى العالم هى تلك الموجودة فى « أوك ريدج » بولاية « التنيسى » . وتقوم كل شهر بشحن الكثير من العقاقير ذوات النشاط الاشعاعى الى المستشفيات ومعامل البحوث .

فاليوم تورّد « أوك ريدج » النظائر المشعة الى أكثر من خمسمائة معهد طبى ، تباع بجزء يسير من تكاليف انتاجها اذا كانت ستستخدم فى بحوث السرطان أو علاجه .

واذا دخلت تلك الصيدلية فانك لا تجد بها ما تشاهد عادة فى أمثالها من أدوات ومبيعات . كما أنك لن تستطيع رؤية الأدوية الا اذا نظرت الى مرآة ، ذلك لأنها «ساخنة» جدا ، لدرجة أنه لا يمكن فحصها أو مشاهدتها الا بطرق العمل عن بعد بواسطة الأجهزة والأيدى الآلية .

ومن بين الأدوية العديدة الموجودة فى الصيدلية الذرية بأوك ريدج تجد أسلاك الكوبلت المشع ، والذهب المشع ، وغيرهما من العناصر المشعة وابرها وخرزها .

واذا طلب سائل ذو نشاط اشعاعى يلزم ارساله لأحد المستشفيات ، يهتدى الصيدلى الى مكانه بالنظر الى مرآة مائلة تريه محتويات المخزن الموجودة خلف حائط سمكه قدمان من المسلح . ثم يفتح الدرج الذى توجد به الزجاجات بواسطة ذراع معدنى ذى أصابع معدنية ، فيستخرج منه الزجاجـة المطلوبة ، ويرفعها من الدرج ، ثم يزيل غطاءها — كل ذلك عن بعد بواسطة تلك الآلة — وينقل بعض ما تحويه الى زجاجة صغيرة بواسطة حقنة آلية يشغلها عن بعد أيضا ، ثم يغطى الزجـاجتين ، ويعيد كبراهما الى مكانها فى درج المخزن . وطوال هذه العملية تدق أجراس تشغلها الاشعاعات التى تنبعث من الأدراج المفتوحة وتسجلها عدادات جيجر متصلة بتلك الأجراس دالة على أن الصيدلية مفتوحة .



ثم يضع الصيدلى الزجاجة الصغيرة التى تحوى الدواء المطلوب فى صندوق من الرصاص لا تسرى خلاله الأشعة الفتاكة ، ليمكن شحنها فيه الى المستشفى بالطائرة أو القطار أو السيارة .

وبالرغم من أن وزن العينة المتوسطة من النظائر المشعة قد يكون خفيفا كالريشة ، فقد يبلغ وزن الشحنة بصندوقها ١٥٠ رطلا . وفى بعض الأحوال يصل وزن العينات « الساخنة جدا » بعبواتها الى عدة أطنان .

اقتفاء الأثر والبحوث الطبية

ويعتبر كثير من الأطباء هذه الكميات الضئيلة من النظائر المشعة من أهم التطورات التى حدثت فى تاريخ الطب . فبالصاق بطاقة النشاط الاشعاعى على الذرات ، يمكن تتبعها فى رحلتها خلال العمليات الحيوية ، وزيادة معرفة الأحداث التى تجرى داخل الخلايا الحية . وقد شبه بعضهم الذرات المشعة بالأغنام ذوات الأجراس فكما أن الراعى يستطيع اكتشاف قطيعه عن بعد عندما يسمع الجرس المعلق فى رقبة أحد أغنامه ، كذلك يستطيع العالم أن يحدد مكان مجموعة من الذرات عندما يدق عداد جيجر اذا اقترب من ذرة مشعة منها .

ويمكن أن تحضر أى مادة كيمياوية من المواد الموجودة فى الخلية الحية صناعيا فى صورة مشعة ، وتستخدم فى

عمليات اقتفاء الأثر . فمثلا يستورد معهد بحوث السرطان فى فيلادلفيا بولاية پنسلفانيا الكربون المشع من الصيدلية الذرية التابعة للجنة الطاقة الذرية ، وذلك لأن الكربون داخل فى تركيب النسيج الحى . ونظرا لأن كل ذرة من ذرات الكربون المعتاد تشبه الأخرى ، يصعب اقتفاء أثره فى العمليات الحيوية. أما الكربون ١٤ وهو الكربون المشع ، فهو كربون ذو بطاقة ، فاذا دخل فى تركيب السكر مثلا ، أصبح السكر مشعا ، ولكن الجسم لا يستطيع تمييزه عن السكر المعتاد ، اذ أن له نفس المظهر ونفس الطعم كأى سكر آخر . وتستطيع استخدامه فى تحلية فطورك أو شرابك ، دون أن تكتشف أى اختلاف . ولكن يمكن استخدام عداد جيجر لاقتفاء أثره ، نظرا لأن ملايين الذرات — حتى فى جزء من الأوقية من ذلك السكر — تتكسر كل ثانية . وتبلغ حساسية عداد جيجر حدا يستطيع معه أن يقتفى أثر حتى أربعة انقسامات ذرية فقط فى كل ثانية ، ولذلك يسهل اقتفاء أثر السكر المشع .

ويمكن استخدام فأر أكل من ذلك السكر فى مثل تلك التجربة . فلو وجد الكيمياوى ذرة كربون مشعة فى دهن جسم ذلك الفأر ، دله ذلك على أن السكر تحول الى دهن . فيمكنه دراسة سرعة حدوث ذلك ، وزيادة معرفته عن المواد التى تكونت فى الطريق أثناء عملية التحول .

ويستمر انطلاق الاشعاعات من ذرات الكربون التى ابتلعها الفأر آلاف السنين ، نظرا لأن نصف حياة الكربون ١٤ تبلغ

٥٧٠٠ عاما ، فلا تتكسر الا نصف ذراته فى تلك الحقبة من الزمن . وطالما وجدت تلك الذرات فى جسم الفـأر ، يمكن للكيمياوى تحديد موقعها بعداد جيجر . ويشبه الفأر فى هذه الحـالة التمساح الذى ابتلع الساعة فى قصة « پيترپان » (Peter Pan)، اذ دلت عليه دقاتها فمكنت من اقتناصه . فكذلك الذرات المشعة تدل على نفسـها بالدقات التى تحدثها فى عداد جيجر .



وتزداد التجـارب التى تجرى يوما بعد يوم فى معـامل البحوث والمستشفيات فى كافة أنحاء البلاد ،مستخدمة الذرات المشعة التى تنتجها المفاعلات النووية .

جسمك بعد عام

وقد أوضحت احدى تلك الدراسـات الشيقة أنك لن تتألف من نفس الذرات بعد عام من الآن ، اذ تستبدل حوالى

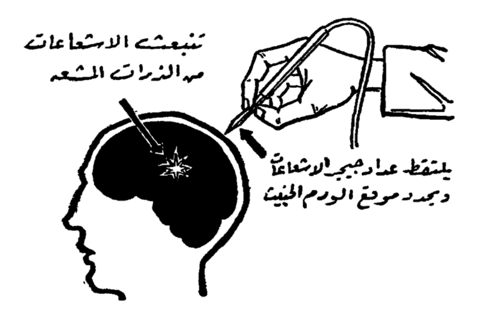
٩٨٪ من ذرات جسمك بذرات أخرى تناولتها فى تنفسك وطعامك وشرابك . وقد تعين مثلٌ هذه الفكرة عن التغيرات الذرية فى الكائنات الحية الأطباءَ على زيادة معرفتهم عن السرطان وغيره من الأمراض .

ويعتبر الكثيرون من الأطباء أن أهمية استخدام الذرات فى عمليات اقتفاء الأثر فى الطب تعادل اكتشـاف الجراثيم واختراع المجهر . فقد تكشف هذه الوسيلة الجديدة النقاب عن أسرار لم يكن من الممكن أبدا تعلمها بأى طريقة أخرى .

أورام المخ

وهاك مثلا آخر لاستخدام الذرات المشـعة فى الطب : طبيب يبحث عن ورم خبيث فى مخ مريض على منضدة الجراحة لم تكتشفه الأشعة السينية ، وان كانت أعراض المرض تجعل الطبيب يعتقد أنه لابد من وجود ذلك الورم . لذلك يحقنه بذرات الفسفور المشعة فى اليوم السابق ، اذ أن أورام المخ تلتقط الفسفور بكمية أكبر مما جاورها من أنسجة ، دون تمييز بين الفسفور المشع والفسفور المعتاد . فاذا وجد الورم، فستوجـد به ذرات متفجرة من الفسفور أكثر من المنـاطق الأخرى . ويبحث الطبيب عن الورم بعداد جيجر فى شكل ابرة ، فتضىء الأنوار على آلة العد المتصلة بالابرة ثم تنطفىء تباعا ببطء وانتظام . فيحرك الطبيب العداد بخفة وبطء خلال نسيج المخ الأغبر اللون، وفجأة تتتابع الأضواء فى سرعة تنبىء

عما يزيد عن الألف من الانفجارات الذرية فى الثانية — وهنا يكون الورم الخبيث ، مدفونا فى الأعماق ، عسيرا اكتشافه . وعلى ذلك يستطيع الطبيب ازالته — بعد تحديد مكانه — مستخدما عداد جيجر فى شكل ابرة ليوجه مبضعه فى اتجاهاته .



الغرغرينا

وفى مستشفى آخر ، ترقد فتاة على منضدة الجراحة بعد حادثة هشمت ذراعها . فهل يبتر الجراح ذلك الذراع ؟ يتوقف هذا على كمية الدم الذى يجرى خلالها — ولتقدير ذلك يستخدم الأطباء الصوديوم المشع ، فى صورة ملح الطعام المشع المضاف الى ملح الطعام المعتاد . وكما فى حالة السكر المشع لا يمكن لأحد أن يكتشف فيه أى تغير فى الشكل أو الطعم . ولكن هذا الملح المشع — اذا ما حقن فى الوريد — أمكن اقتفاء أثره بعداد جيجر لأن بعض ذراته تتكسر فى جميع

الأوقات . فاذا كانت الدورة الدموية فى الذراع كافية ، دل على ذلك العداد فى بضع ثوان ، ولم يعد هناك داع للبتر .

أمراض الدم

وما هذه الا بضع أمثلة تلعب فيها النظائر المشعة دور « المخبر » فى ميدان الطب . وبالاضافة الى هذا تستخدم اشعاعات الذرات ضد بعض الأمراض فى محاولة التغلب عليها واراحة المرضى واطالة أعمارهم .

فمثلا يستخدم الفسفور المشع فى عدد من المستشفيات للعلاج اليومى لمرض يصيب أنسجة الدم ويعرف باسم (Polycythemia vera) . وفى هذا المرض تتكاثر كريات الدم الحمراء بسرعة أكبر من اللازم بكثير . وكانت الأشعة السينية تستخدم فى العلاج بتعريض الجسم كله لها ، أما الآن فيعطى المريض عدة حقن من الفسفور المشع . وبفحص النتائج قبل الحقن وبعده يمكن بسهولة معرفة النتائج ومراقبتها . وهذه الطريقة الجديدة أسهل كثيرا من الطريقة القديمة بالنسبة للمريض ولموظفى المستشفى على حد سواء .

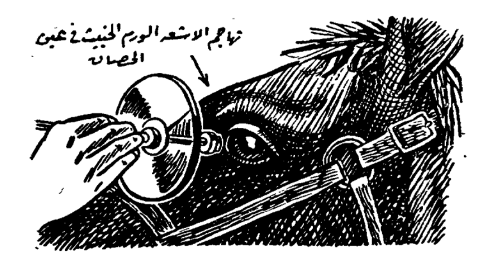
أمراض اخرى

وقد استخدم عدد قليل من النظائر المشعة الأخرى فى علاج بعض الأمراض المختلفة . فقد استخدم اليود المشع فى مساعدة المرضى المصابين بالذبحة الصدرية ، وهى حالة قلبية مؤلمة . كذلك استخدم اليود فى علاج بعض أنواع سرطان

الغدة الدرقية . ويساعد الذهب المشع فى بعض حالات السرطان لعلاج الأورام الخبيثة ، وفى علاج المرضى المصابين بتراكم كميات كبيرة من السوائل فى فجوات أجسامهم . كذلك استخدم الاسترنشيوم المشع بنجاح فى علاج الأورام غير السرطانية وبعض أنواع سرطان العين .

علاج الحيوان

كذلك يستفيد الكثير من الحيوانات من العلاج بالنظائر المشعة . فترى فى الصورة بيطريا يستخدم الاسترنشيوم المشع فى علاج ورم فى عين الحصان .



اورام المخ والصدر

وفى مدرسة «هارفارد» الطبية، ومستشفى «ماساشوستس» العام ، يستخدم « جهاز اقتفاء البوزيترون » [1] لتحديد

(١) Positron Scanner

موقع الأورام الخبيثة فى المخ دون فتح الجمجمة . فتحقن كمية قليلة من الزرنيخ المشع فى وريد المريض ، وبعد عدة ساعات تحدد مواقع الزرنيخ المشع بواسطة « العدادات الومضانية » [1] . وبرسم خريطة للمخ يمكن بيان مكان تركز الزرنيخ . ولما كان الورم السرطانى يمتص من الزرنيخ المشع أكثر من النسيج المعتاد ، فيمكن بهذه الطريقة تحديد موقعه وحجمه بنجاح فى أكثر الأحوال .

وقد شخصت أورام الصدر السرطانية باستخدام البوتاسيوم المشع الذى يتركز فى الأورام السرطانية بدرجة أعلا بكثير من الأنسجة غير السرطانية .

زيارة لمستشفى ذرى

وتدخل بعض النظائر المشعة الموجودة فى الصيدلية الذرية فى بحوث السرطان بمستشفى « أوك ريدج » ، تحت اشراف الدكتور « مارشال بروسر » الرئيس الطبى لمعهد أوك ريدج للدرسات النووية . ولعل معهد بحوث السرطان هذا من أول المستشفيات الذرية فى العالم .

وهناك مستشفى ذرى آخر يشغل ثمانية أدوار ويقع على أرض جامعة شيكاجو . وتصله شحنات النظائر المشعة المتخلفة فى رماد الأفران النووية الواقعة على بعد ثلاثين ميلا

---

(١) Scintillation Counter

فى أقل من نصف ساعة . وقد افتتح « مستشفى آرجون لبحوث السرطان » هذا فى ١٤ مارس سنة ١٩٥٣ تحت ادارة الدكتور « ليون چاكوبسون » . وقد دفعت لجنة الطاقة الذرية مبلغ ٤٫٢٠٠٫٠٠٠ دولار لتغطية نفقات بنائه ، كما تدفع الأموال اللازمة لتشغيله مع اشراف جامعة شيكاجو عليه . وفى هذا المبنى — من قمته الى قاعدته — تعلن الحرب ضد السرطان دون هوادة ولا توقف .

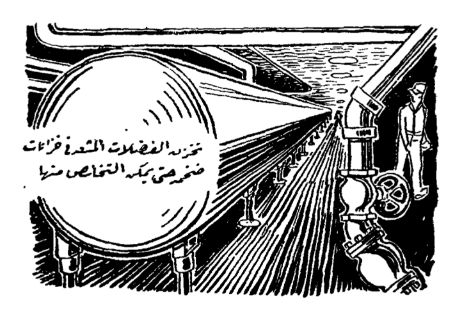
ومنذ دخولك باب المستشفى ، تحس أنه يختلف عن غيره نظرا للاحتياطات التى يجب اتخاذها لحماية الأطباء والممرضات والزوار أنفسهم من النشاط الاشعاعى الضار . فيضع الأطباء والممرضات الذين يتعرضون للاشعاعات كل يوم بطاقة على صدورهم بها فيلم يجب تحميضه لتقدير كمية التعرض اليومى وتحفظ تلك الكميات فى سجل خاص للتأكد من أنها لم تتراكم لدرجة أعلا من حدود الأمان . وتشبه هذه البطاقات تلك التى يلبسها العمال فى كثير من المشروعات الذرية . كذلك يحملون فى جيوبهم مقاييس للجرعات تشبه أقلام الحبر ، يمكن قراءتها فى أى وقت من النهار لبيان كمية الأشعة التى يتعرضون لها .

ويجرى فحص كل العاملين بهذا المستشفى الذرى وزواره عند مغادرتهم له للتأكد من أنهم لم يلتقطوا أى اشعاعات خطيرة .

ولكن ينبغى ألا تخاف من زيارة المستشفى الذرى ، لأنك ستنال الوقاية الكاملة من الكميات الخطيرة من الأشعة. فاذا بدأت زيارتك بقاعدة المبنى لرأيت بعض اجراءات الاحتياط التى تجعل العمل فى المستشفى مأمونا . فهناك دوران تحت الأرض ، فالأرض نفسها تساعد على احتجاز الأشعة .

الدور الثانى تحت الأرض

ويبعد الدور الثانى تحت الأرض عن سطحها ١٩ قدما ، وهنا نجد آلات تسخين البناء ، وامداده بالماء الساخن ، والهواء المضغوط وغيرهما من الخدمات ، والى جوارها خزانات مبطنة بالزجاج تتسرب فيها المخلفات المشعة . فهناك بعض المواد



« الساخنة » تفقد نشاطها الاشعاعى بعد فترة قصيرة من الزمن ويمكن لذلك تفريغها فى البالوعات المعتادة مباشرة . ولكن

الفضلات الأقوى يلزم تعبئتها فى سيارات شحن لنقلها الى معمل آرجون القومى ، ومن هناك يرسل أخطرها الى « مدفن ذرى » حيث تدفن عميقا فى جوف الأرض .

وفى ذلك الدور أيضا حجرتان « ساخنتان » ، مليئتان بالاشعاعات المستمرة ، لتدرس فيهما آثار الأشعة على الحيوانات التى توضع داخلهما خصيصا لتلك الدراسة .

وفى نفس الدور كذلك آلات كهربائية ذات ضغط عال ، تسرع الجسيمات الذرية ، وتستخدم أشعتها فى بحوث السرطان .

غرف علاج السرطان

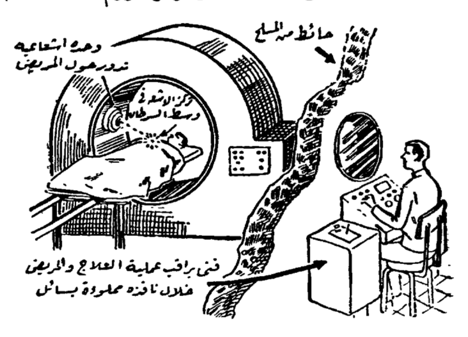
فالسرطان مجموعة همجية من الخلايا لا يخضع نموها لقانون أو نظام ، ولا يمكن التحكم فى ذلك النمو أو الحد منه ، وانما يمكن اهلاك الخلايا السرطانية ومعها الخلايا الحية بواسطة الأشعة . ولما كانت الخلايا السرطانية تنمو وتنقسم بسرعة ، فانها أكثر تعرضا للأشعة من أكثر الخلايا الحية فى جسم الانسان . ولذلك شاع استخدام الأشعة السينية والأشعة المتولدة من الانفجارات الذرية للراديوم لعلاج السرطانات . فبتسليط الأشعة على مركز الورم وتحديد كميتها ، يمكن تكييفها بحيث تتسرب خلال الأنسجة السليمة دون أن تصيبها بضرر بالغ ، وفى نفس الوقت تصل بدرجة مركزة الى الورم العميق .

وهناك طرق أخرى لارسال قذائف أشد قوة وأهلاكا للسرطان ، وأقل اضرارا بالأنسجة الحية الأخرى . فهناك أنواع من الأجهزة تلف المريض حول نفسه ، وهناك أخرى تدور هى حوله ، بحيث يتلقى الورم كمية من الأشعة أكثر تركيزا واهلاكا مما تتلقاه بقية أجزاء الجسم . وتسلط آلات أخرى قذائف اليكترونية الى السرطان تبلغ قوتها ٥٠ مليون فولت . ومن الأجهزة الجديدة وحدة دورانية للعلاج بالكوبلت ترسل أشعة تعادل ما ينبعث من كمية من الراديوم تبلغ قيمتها ملايين الدولارات . أما الكوبلت ٦٠ هذا (الكوبلت المشع) فيمكن انتاجه فى المفاعل النووى ، ولذلك فهو أرخص بكثير من الراديوم النادر الذى يجب استخراجه من المناجم وشغله وتنقيته .

ويمكن للزائر أن يشاهد المريض أثناء علاجه بهذه الوحدة الدورانية للعلاج بالكوبلت ٦٠ ، ولكنه لا يبقى فى نفس الغرفة ، وانما يشاهده مع القائم بتشغيل الوحدة خلال نافذة خاصة سمكها قدم ونصف مملوءة بمادة كيمياوية هي بروميد الزنك . وهذه النافذة تحميهما ، ولا تحجز عنهما المنظر ، وان كانت تحجز عنهما الأشعة . فلو بقى الطبيب أو مساعده فى نفس حجرة المريض لتراكمت فى جسمه كميات خطيرة فتاكة من الاشعاعات .

أما المريض فسيستلقى فى فتحة الآلة المستديرة على نقالة ، ويصب حوله جبس يبقيه تماما فى الوضع الصحيح للعلاج

بحيث يتجه شعاع الكوبلت فى هذه المرة وفى المرات التالية نحو نفس المكان من جسمه : وهو مركز الورم .



ويحيط بالكوبلت فى ذلك الجهاز وعاء من معدن اليورانيوم فى شكل الجردل ويزن ٨٥٠ رطلا ليحمى بقية جسم المريض من أشعة الكوبلت المنبعثة من الجهاز أثناء دورانه حول المريض مرتين فى كل ثانية — وتؤدى هذه الكمية من اليورانيوم دور ٣٣٠٠ رطلا من الرصاص ، وهى المادة التى تستخدم فى أجهزة العلاج الأخرى لايقاف الأشعة القوية المتناثرة من الكوبلت . ومع هذا تمس تلك الأشعة غير المرئية مساحة كبيرة نسبيا من الأنسجة السليمة ، ولكنها تتركز دائما فى منطقة كرأس الدبوس ، لأن هذه الترتيبات تجعل الورم فى مركز دائرة الاشعاعات . وبهذه الطريقة تصل الى خلايا الورم كميات من الأشعة المهلكة أكبر كثيرا مما

يصل الى الأنسجة السليمة المحيطة به . وقد استخدمت هذه الآلة أولا فى ربيع عام ١٩٥٤ ، ومع هذا فقد ثبت أن نتائجها فى هذه الشهور القليلة أفضل حتى مما تمنى الأطباء تحقيقه .

وفى حجرة علاج السرطان وغيرها من غرف الدور الثانى تحت الأرض ، يستخدم الأطباء آلات أخرى جديدة لزيادة معرفتهم عن مرض السرطان الذى يعالجونه .

الدور الأول تحت الأرض

أما فى الدور الأول تحت الأرض فيوجـد كهف يمكن الاشتغال فيه بالنظائر « السـاخنة » بطريقة الاشراف عن بعـد . والى جواره بنك للذرات « الساخنة » يحتفظ فيه بالنظائر المشعة فى عبوات من الرصاص ، توضع داخل أنابيب من الصلب ، حولها جدران من المسلح القوى سمكها تسعة أقدام . وبالاضافة الى « مخزن الأدوية الذرى » وعدد من المعامل ، توجد مغسلة « ذرية » فى ذلك الدور . وفيها يفحص النشاط الاشعاعى لكل ملاءة ومنشفة وقفاز وكل قطعة من قطع الغسيل « بعدادات جيجر » ، فاذا دلت دقاتها على الخطر غسلت وجففت فى هذه المغسلة « الساخنة » ، فتزول منها الأشعة حتى قبل أن ترسل للمغسلة المعتادة . أما الأحذية والملاءات وغيرها من الأشياء « الساخنة » جـدا فتخزن حتى يتكسر عدد كاف من ذراتها غير الثابتة لاقلال نشاطها الاشعاعى الى حد الأمان .

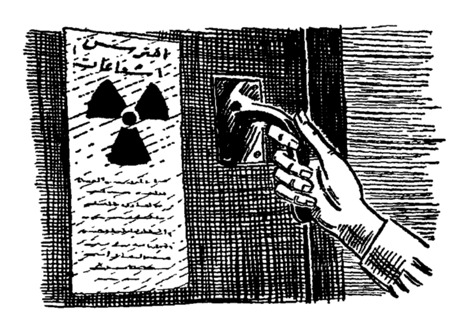
الأدوار الأخرى

أما فى الدور الأول من مستشفى « آرجون » لبحوث السرطان فتقع المكاتب الادارية والورش التى تصنع فيها الأنواع الجديدة من الأجهزة . ويمتلىء الدور الثانى بالمعامل والمكاتب . وفى هذه المعامل يقوم الأطباء بدراسات خاصة للمشاكل المتعلقة بالسرطان والاصابات التى تسببها الأشعة .

واذا أردت زيارة مريض ، فستجده فى الدور الثالث أو الرابع من المستشفى ، ومجموع الأسرة فيهما خمسون فقط ، ولذلك يختار الأطباء الحالات بعناية حسب حالة المريض وملاءمتها لبرنامج البحوث .

وعندما تسير عبر الطرقات ترى الأرض مغطاة باللدائن، وترى على أبواب الحجرات لافتات عليها اسم المادة المشعة التى استخدمت فيها ، ومتى استخدمت ، وكيف كانت شدة الاشعاعات . فتبين احدى اللافتات مثلا أن الذهب المشع قد استخدم فى تلك الحجرة ، وتبين أخرى أنه الفسفور المشع ، وتبين ثالثة أنه الكروم المشع . وترتدى هيئة المستشفى ملابس خاصة وقفازات من المطاط ، وفى بعض الأحوال يرتدون أحذية طويلة من اللدائن فوق الأحذية العادية قبل دخول الحجرات حرصا من أن تكون ملوثة — ولا يسمح للزوار عادة بدخول أمثال تلك الحجرات قبل أن تمر ثمان وأربعين ساعة . وليس هذا لوقاية الزائر بقدر ما هو لوقاية بقية المستشفى من التلوث

الذى قد يتضاعف ويتراكم اذا ما نشر عدد من الناس حتى ولو كميات ضئيلة من الحجرات الى الصالات . ولنفس السبب نجد أن سمك الحوائط التى تفصل بين غرف المرضى ثمانى بوصات من المسلح ، ونجد الأرض من اللدائن ليسهل تنظيفها .

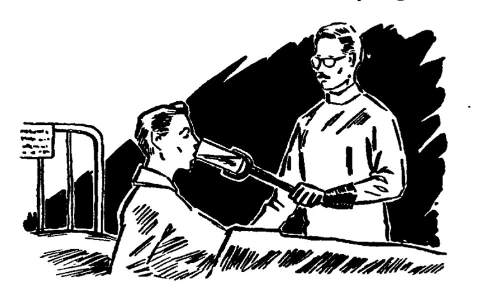


مريض بالغدة الدرقية

وقد يسمح لك بزيارة المريض الذى سيغادر المستشفى قريبا ، لأن غرفته لم تعد « ساخنة » ، وستلقاه مستريحا فى وسط بهيج فى غرفة زينت حوائطها بدرجتين من اللون الأخضر .

وتراه مشتاقا ليقص عليك قصة « شرابه الذرى » الذى كان يحوى اليود المشع . فقد كانت غدته الدرقية — وهى

الغدة التى تقع عند قاعدة الرقبة — لا تعمل بانتظام . فالغدة الدرقية السليمة تمتص من اليود حوالى ٨٠٠ ضعف ماتمتصه الأجزاء الأخرى من الجسم من اليود ، وتمتص الغدة المريضة اليود بسرعة أكبر أو أقل من السرعة المعتادة . ولتقدير تلك السرعة يشرب المريض جزءا من مائة مليون من الأوقية من اليود مذابا فى محلول لا يختلف طعمه عن الماء . ويستخدم الطبيب ماسكا معدنيا عنـدما يعطى « المشروب الذرى » للمريض ، لأن الطبيب يتعرض باستمرار للأشعة المهلكة كلما أعطى ذلك المشروب للمرضى ، وتتراكم آثارها فى جسمه . أما المريض فلا يتعرض لها الا مرة واحدة لفترة قصيرة ، ولذلك يستطيع أن يكون آمنا اذا شرب اليود المشع الذى أضيف بدقة الى كوب الماء .



والغدة الدرقية — سليمة كانت أو مصابة — تمتص اليود المشع بنفس السرعة التى تمتص بها اليود المعتاد . وبعد

بضع ساعات من شرب المريض لتلك الذرات ، تكون الغدة قد امتصت أكثر النشاط الاشعاعى . ومن وقت لآخر تقاس كمية الأشعة بوضع « عداد جيجر » مباشرة فوق رقبته فى منطقة الغدة . ومن دقات العداد يقدر الأطبـاء ما اذا كانت غدته الدرقية تمتص يودا أكثر من المعتاد أو أقل .

ادوار الأبحاث

وقبل أن تغـادر المستشفى تزور الدور الخامس حيث تجرى بحوث أخرى . ففى بعض الدرسات يستخدم الكربون والهيدروجين المشعين والرادون . وباستخدام النظائر المشعة واقتفاء أثر المواد الكيمياوية التى تحويها ، يدرس الأطبـاء المواد التى يمكن أن تسبب السرطان ، والتى يمكن أن تزيل أنسجة الأورام الخبيثة .

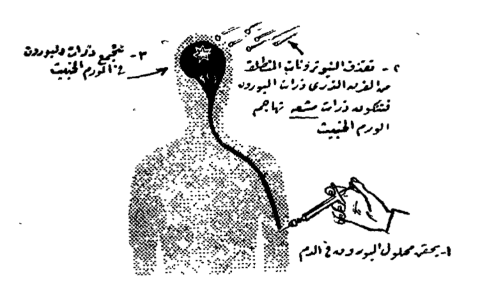
أما الدور السادس « فمزرعة للحيوانات » ، تعيش فيها الفيران والأرانب الهنـدية والجرذان فى راحة وفى حجرات مكيفة الهواء ، بحيث تكون فى متناول يد البحاث عند حاجتهم اليها . ويولد كل أسبوع حوالى ألف فأر من كل نوع ، يستخدم كثير منها فى تجارب الاشـعاعات ، فيعرض بعضهـا مثلا للأشعة السينية من جهازين قـوة كل منهمـا ٢٥٠٫٠٠٠ فولت . ويعطى بعضها الآخر المواد المشعة . وقد تجرى عليها عمليات جراحية فى حجرة الجراحة .

أما الدور السابع وهو دور السطح فيحوى آلات دفع الهواء وتسييره فى المبنى وازالة الغازات المتخلفة فيه .

وفى كل دور تلقى الوقاية من أشـعة الذرات المتحطمة اهتمـاما زائدا — فيلعب اخصـائى الطبيعة الصحية دور « المخبر » ، يطوف فى المستشفى ومعـه « عداد جيجر » ، ويحفظ كشف حساب دقيق يومى لما يتعرض له كل عضو من أعضاء هيئة المستشفى من الأشعة . فالأشعة خطيرة ، ولو أنها تعالج بعض السرطانات ، الا أن التعرض المزمن لهـا دون احتياط قد يسبب هو نفسه السرطان .

اجهزة أخرى للسرطان

كذلك تتخذ احتياطات مشابهة فى مستشفى «بروكهافن» القريب من معمل « بروكهافن » القومى فى « لونج آيلاند » بنيويورك . وهنا يستخدم الكوزموترون الهائل وغيره من محطمات الذرة لزيادة المعرفة بالسرطان . ففى احدى طرق العلاج تحقن بلايين من ذرات البورون غير المشعة فى دم المرضى المصابين بأورام فى المخ ، فتتجمع تلك المادة فى الورم مفضلة اياه عن الأنسجة السليمة . ثم يعرض المريض للنيوترونات المتولدة من المفاعل النووى فى معمل « بروكهافن » التـابع للجنة الطاقة الذرية . فتفلق النيوترونات ذرات البورون مكونة ذرات أصغر ذات نشاط اشعاعى وتهاجم الطاقة المتولدة فى هذه العملية خلايا الورم الخبيث ، فتهلك الأنسجة المريضة . ويبدى المرضى الذين يعالجون بهذه الطريقة تحسـنا محققا رغم أن العمل ما زال حتى الآن فى دور التجربة .



وقد أعلن رجال العلم حربا شعواء ضد هـذا المرض فى مستشفيات بحوث السرطان التى تعينها لجنة الطاقة الذرية ، وفى معـاهد البحوث التى تقـوم على موارد أخرى ، وفى المستشفيات الخاصة . وفيما يلى بضع أمثلة أخرى على النواحى التى تعين فيها النظائر المشعة من الأفران النووية .

ففى جامعة كاليفورنيا فى باركلى يقـوم جهاز للأشـعة الجيمية بتفرس جسم المريض كله جزءا جزءا ، للتنقيب عن الأنسـجة السرطانية التى تكون قـد تسربت وانتشرت فى جسمه من الغدة الدرقية المصابة .

وفى عـدد قليل من المستشفيات فى أجـزاء مختلفة من الولايات المتحـدة وكندا ترسل وحدات كوبلتية علاجية ، تسمى « الثيراترون » (١) ، أشعتها الفتاكة ضد السرطان .

---

(١) Theratron

وقد ابتكر هذا الجهاز نتيجة لعمل رجال الطبيعة فى مستشفى « فرانسيس ديلافيلد » بنيويورك بالاشتراك مع شركة الطاقة الذرية الكندية . وهناك وحدة دورانية للعلاج بالكوبلت فى مستشفى «لانكناو» بمدينة « فيلادلفيا » بولاية بنسلفانيا ، تستخدم الكوبلت ٦٠ الناتج من مفــاعل « تشوك ريڤر » بكندا ، وترسل اشعاعاتها ضد الأورام والسرطانات المتعددة الأنواع . وهذه الأشعة تعادل ما ينبعث من كمية من الراديوم قيمتهــا ٥٠ مليون دولار ، وهذا أكثر مما سبق أن خصص للأغراض الطبية فى أى وقت من الأوقات. أما تكاليف الوحدة كلها بما فيها الكوبلت فتبلغ حوالى ٧٥٫٠٠٠ دولار ، وقد تأتى هذا كله نتيجة لاكتشاف الانسان لكيفية فلق الذرات والتحكم فيها .

ويمتاز الكوبلت٦٠ عن الراديوم فىبعض النواحى ولكنه لا يعيش طويلا مثله . فمهما زاد عدد المرضى الذين يعالجون من أنبوبة الكوبلت أو قل ، فان نصف ذرات الكوبلت تتحول الى ذراتالنيكل الثابتة بعد خمس سنينوثلاثة شهور وثمانية عشر يوما ، فى حين أن الراديوم لا تتحطم نصف ذراته الا فى ١٦٠٠ عام . ومع هذا يتميز الكوبلت بأنه يمكن استبدال أى كمية منه بعينة طازجة قوية فى أى وقت من الأفران النووية .

ويحضر « بطهو » الكوبلت ٥٩ فى الفرن الذرى . وعندما « ينضج » — أى عندما يتحول الى كوبلت ٦٠ — يوضع فى قاع حوض به عشرة أقدام من الماء ، ثم ينقل منها بالأجهزة

الآلية التى يمكن تشغيلها عن بعد الى وعاء خاص . ومنذ ذلك الحين يبدأ فى فقدان نشاطه الاشعاعى ، ويلزم وضعه فى وعاء من الرصاص أو معدن اليورانيوم لحماية المشتغلين به من أشعته . فلا يسمح لها بالتسرب الا عندما توجه الى الخلايا المصابة .

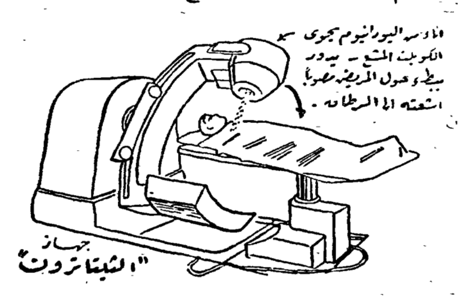
وبالرغم من أن نتائج استخدام النظائر المشعة فى علاج السرطان لم تكن مثيرة الى الحد الذى أمله البعض ، فان أشعتها شقت طرقا جديدة فسيحة نحو العلاج الناجح لذلك المرض . ويستعين العلماء بالاشعاعات القوية التى تنبعث من الأفران النووية مباشرة وبالنظائر المشعة معا فى حربهم ضد هذا المرض وغيره من الأمراض .

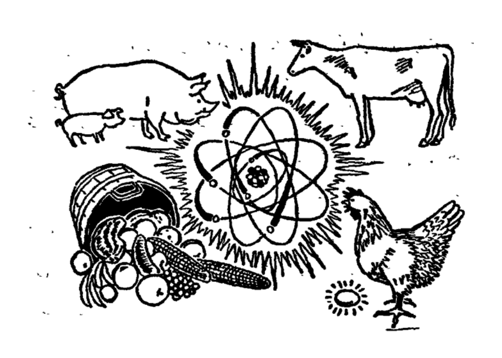
واننا لم نستعرض فى هذا الباب الا بضع أمثلة لمساهمة الطاقة الذرية فى الطب . وقد أدت النظائر المشعة الى مئات من مظاهر التقدم ، ومنها استخلصت أفكار جديدة عن الشلل المخى ، والتشنج والغدد الصماء ، وكثير غيرها من الأمراض.

كما ازدادت معرفتنا عن الأنواع المختلفة لفقر الدم باستخدام الذرات المشعة فى كريات الدم الحمراء . فهى تساعد الأطباء على دراسة تكونها وحياتها وفنائها فى الجسم . ويرجع الفضل للنظائر فى اضطراد نجاح وسائل تحضير الدم

لعمليات النقل ، ووسائل تحضير بدائله كذلك . وقد أدى استخدامها فى هذا الميدان وحــده الى توفير آلاف الأرواح وملايين الدولارات .

وقد تؤدى التطبيقات الطبية للنظائر المشعة والاشعاعات المنبعثة من الأفران الذرية نتيجة لمشاريع لجنة الطاقة الذرية الى أعظم التطورات العلمية فى تاريخ الطب الحديث .





الزراعة الذرية

انتشرت فى كثير من البلاد « مزارع ذرية » ، يحاول العلماء فيها تحسين سلالات النباتات، أو اكتشاف طرق أفضل لاستخدام المخصبات ، أو للتخلص من الحشرات ، أو زيادة معرفتهم عن الطرق التى يَصنع بها النبات الطعام . ويستخدم كثير منهم الطاقة الذرية لزيادة معرفتهم عن حيوانات الحقل ، حتى يمكن أن تزداد قيمتها وفائدتها للفلاحين ولكنك لست فى خطر من أن تمر بسيارتك أمام حقل مشع ، أو أن تتسلم فى الصباح زجاجة من اللبن المشع . ولن تبيض دجاجات المزارع الذرية بيضا مشعا يباع فى المحلات . فاليوم

تقوم بالعمل فى « الزراعة الذرية » منظمات كبرى للبحوث ، وتلعب الحكومة فى المعامل القومية مثل « بروكهافن » و «آرجون» و « أوك ريدج » دورا رئيسيا فى هذا البرنامج وقد استخدمت كثير من الكليات والجامعات ومراكز البحوث الزراعية الكبرى النظائر فى مزارعها التجريبية . أما الفلاحون فلن يستخدموا الذرات بأنفسهم ، ولكنهم سيستفيدون كثيرا من الدراسات التى يجريها أولئك البحاث باستخدام تلك الوسائل الجديدة .

الأسمدة الذرية

انتشرت — بعد الحرب الأخيرة بعدة سنوات — اشاعات بأن الأسمدة المشعة ستحقق المعجزات فى التربة ، وعند ذلك اشترى كثير من الفلاحين بعضها وخلطه بسماده العادى .

وقد تعاونت لجنة الطاقة الذرية والمحطات الزراعية الحكومية على اختبار الخصائص التى ألصقت بالسماد المشع، فلم يثبتوا فقط أنها خاطئة وهمية ، وانما حذروا أيضا من الأخطار التى قد تنشأ من الغبار الذى يثار أثناء تحضير الأسمدة لاستخدامها فى الحقول . فقد يستنشقه الفلاحون فيدخل فى رئاتهم حيث يبقى ، أو ينتقل الى عظامهم . وبالرغم من أن درجة النشاط الاشعاعى لذلك الرماد ضئيلة جدا ، فقد يؤدى الاستمرار فى استنشاق الرماد الى أشد الأخطار . وقد

أدى اكتشــاف حقيقة الأسمدة المشعة الى حمــاية كثير من الفلاحين من تضييع نقودهم أو حتى فقدان حياتهم.

أما تجارب الأسمدة المشعة التى تجرى باشراف الحكومة فتوفر للفلاحين مبالغ ضــخمة من المال كل عام ، وتحسن



منتجات المزارع التى تصل المستهلكين . فقد أثبت أحــد البحوث التى أجريت فى كلية « شمال كارولينا » أن سماد السوپر فسفات الذى كان يرش على الأرض فى حقول الدخان ليست له آثار قوية على نمو ذلك النبات وبذلك يتوفر حوالى ٤٠٠٠ طن من سماد الفسفات كانت تستخدم فى تسميد الدخان كل عام .

ولما كان الفلاحون فى الولايات المتحدة ينفقون أكثر من مليون دولار كل عــام على الأسمدة ، فقــد وضعت برامج

للبحوث تسخر فيها النظائر لاكتشاف كيفية الافادة منها الى أقصى حد . فبالذرات المشعة يمكن تحديد كمية ونوع أفضل الأسمدة بالنسبة لكل محصول ، واختيار أنسب الأوقات وأفضل الطرق لاستعماله . أما قبل توفر الذرات المشعة لمثل تلك البحوث ، فقد كان من الصعب تقدير قيمة السماد نتيجة للتفاوت فى العوامل المختلفة مثل سقوط المطر ودرجة الحرارة والأمراض . أما الآن فيستطيع رجال العلم تتبع ذرات الأسمدة من التربة الى النباتات ، وبقياسها يمكن بالدقة تحديد كمية الأسمدة التى تمتصها النباتات ، والفترة التى تستمر فيها خصوبة تربة معينة .



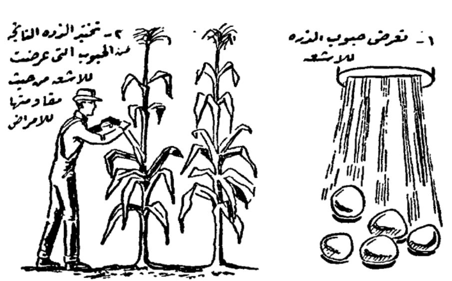
سلالات جديدة من النباتات

وقد أجريت بعض البحوث لتحسين سلالات النباتات بواسطة النشاط الاشعاعى . فقد عرف العلماء منذ زمن بعيد

أن التعرض لأنواع معينة من الاشعاعات يحدث تغيرات تورث من جيل الى جيل ، وتسمى هذه التغيرات « بالطفرات » . فبتعريض حبوب الشوفان للنيوترونات ، نجح الدكتور « كالڤن كونزاك » من معمل « بروكهاڤن » القومى فى تخليق نوع من الشوفان يمكنه مقاومة المرض المعروف باسم الصدأ . وفى عام ونصف تمكن من « تفصيل » بذرة تطابق احتياجات معينة . ولو استخدمت الطرق القديمة للتوليد ، لاستغرق هذا البحث عشر سنوات على الأقل ، ولتكلف مالا أكثر بكثير .

فاذا حاول باحث انتاج نوع من الذرة يقاوم مرضا كآفة الأوراق (وهو مرض يبلغ من الشدة فى « فلوريدا » أثناء الشتاء حدا يجعل من الضرورى تطهير ٢٥٠٠٠ فدان من نبات الذرة كل عام) ، فان مثل تلك السلالة التى يستنبطها ستوفر الكثير من الجهد والمال اللازم لعملية التطهير .

فباشعاع بذور الذرة فى « بروكهاڤن » أثناء الصيف ، وزراعة محصولها فى « فلوريدا » فى الشتاء التالى ، يمكن اجراء اختبارات فى أقل من عام لمعرفة ما اذا كانت السلالات الجديدة قد زادت مقاومتها أم لا . والمعروف أن الطفرات تحدث ببطء جدا فى الطبيعة ، ولكن الاشعاعات هى التى تساعد على اتمامها بسرعة كبيرة .



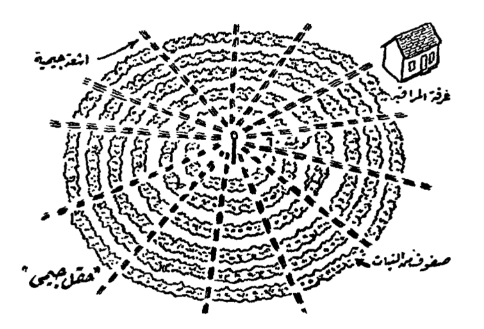
وليست مقاومة الأمراض الهدف الوحيد لاحداث الطفرات بواسطة الأشعة . فقد « صُنع » نوع من الفول السودانى يزيد محصول الفدان الواحد منه بمقدار ٣٠٪ عن المعتاد . كذلك أنتج نوع آخر حجمه وشكله أكثر ملاءمة لآلات الحصاد . وما هذه الا بضع أمثلة على الطفرات التى تسببها الذرات المشعة .

وليست كل الطفرات نافعة . فعندما يزرع محصول فى حقل معرض للأشعة ، تنتقى النباتات التى حدثت بها الطفرات المرغوبة ، وقد يحدث ألف من الطفرات غير المرغوبة لكل طفرة واحدة تنتج نوعا من المحاصيل أفضل من النوع الطبيعى.

الحقل الذرى

ومن طرق تعريض النباتات للاشعاعات استخدام «الحقل الجيمى » . فقد ترى حقلا من الذرة مساحته ثلاثة فدادين

يبدو طبيعيا جدا ، ولكن الأشعة غير المرئية التى تسرى بين نباتاته قد تضرك اذا دخلته . ففى وسط مثل ذلك الحقل توجد كمية صغيرة من الكوبلت ٦٠ داخل أنبوب من الصلب غير القابل للصدأ . وهو نفس الكوبلت ٦٠ الذى انتشر استخدامه فى الصناعة كبديل للراديوم وللأشعة السينية ، وهو نفس الكوبلت ٦٠ الذى يرسل أشعته ضد السرطان . ويتصل الكوبلت ٦٠ الموجود فى وسط الحقل الذرى بغرفة المراقبة الموجودة فى ركن الحقل بواسطة سلك . ولا يسمح لأحد بدخول الحقل الا اذا أنزل الكوبلت ٦٠ فى غلافه المصنوع من الرصاص فى باطن الأرض ، لأن الاشعاعات التى تحدث الطفرات فى النباتات قد تضر الانسان .



ويزرع فى حقل من هذا القبيل مساحته عشرة أفدنة أنواع عديدة مختلفة من الأشجار والشجيرات والأعناب حول مصدر

للأشعة فى مركز الحقل ، وتنزع الغصون التى تحمل أنواعا غريبة من الفاكهة ، ثم تطعم فى أشجار طبيعية .

البنيسلين

وكذلك قد يستفيد الانسان من الطفرات التى تحدث فى النباتات الضئيلة جدا . فأكثر البنيسلين ينتج اليوم من سلالة من الفطر تولدت من الطفرات التى سببتها الأشعة .

وهذا الاسراع الصناعى للطفرات يمثل بداية عهد جديد فى الزراعة ، يبعث الآمال فى انتاج كثير من الأنواع الجديدة من النباتات التى تفضل الأنواع المعروفة .

دراسة عادات الحشرات

وهناك طريقة أخرى لمحاربة أمراض النبات. فبينما يحاول الانسان انتاج نباتات تقاوم المرض ، تنتج الطبيعة أنواعا جديدة من الكائنات الحية تسبب الأمراض . وللمساعدة على محاربة تلك الأمراض ، يبتكر الانسان كيمياويات ومضادات جديدة للفطريات ، ويدرس الحشرات التى تصيب النباتات .

وتساعد الذرات « الساخنة » على الحصول على المعلومات الضرورية ، عن بعض العادات فى حياة الحشرات التى طالما حيرت العلماء والفلاحين على حد سواء . فمثلا أعطى شراب يحوى الفسفور المشع لآلاف من الذباب الظمآن ، فكان هذا بمثابة « علامة » يمكن التعرف بها على تلك الحشرات ،

نتيجة للاشعاعات التى تنبعث من الذرات التى تتحطم فى أجسامها . ثم وضعت مصايد خاصة على مسافات متفاوتة من البقعة التى انطلق منها الذباب . وبفحص الذباب المصاد أمكن معرفة أنه يستطيع الانتقال حتى أربعة أميال فى اليوم الأول ، كما وجد أن بعضها انتقل مسافة كلية طولها ٢٨ ميلا من المزرعة التى أطلق منها . ويستطيع العلماء ايجاد طرق أفضل للقضاء على الحشرات بزيادة معرفتهم عن عادات حياتها .

تعقيم ذكور الحشرات

كذلك تبيض اناث الديدان اللولبية فى القطوع والشروخ الموجودة فى المواشى والحيوانات الأخرى . وعندما يفرخ البيض تتغذى الحشرة الدودية على لحم الحيوان مسببة قروحا قد تؤدى الى الوفاة . ويسبب ذلك الذباب خسائر كل عام تقدر بملايين الدولارات .

ولقد كانت الاشعاعات سلاحا ضد هذه الحشرات ، فجمعت أعداد كبيرة من ذكورها ، وعقمت بتعريضها للكوبلت

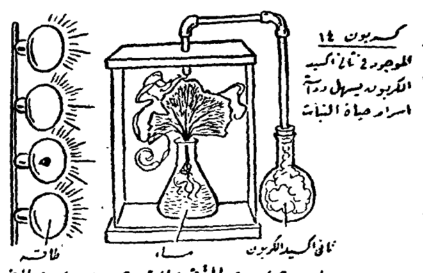


ولما كانت الاناث تتلقحمرة واحدة، فان ما يتلقح منها بواسطة الذكور المعقمة يضع بيضا لا ينمو . وباطلاق أعداد كبيرة من الحشرات المعقمة فانها تضع بيضا لا يفقس .

وتستخدم النظائر المشعة فى عدد من المشروعات الأخرى فى الولايات المتحـدة لزيادة معـرفة عادات حيـاة بعض الحشرات كالسوس ، ودودة اللوز القـرمزية ، والخنافس النباتية ، وسوس خشب الصنوبر وغيرها .

تقليد النبات فى صنع الطعام

وقد وجهت هذه المجهودات كلها نحو تحسين انتـاج الغذاء بواسطة النباتات النامية . ويحلم كثير من العلماء بصنع الطعام مباشرة من ثانى أكسيد الكربون والماء والطاقة ، كما تفعل النبـاتات . وتعرف طريقـة صنع النباتات للطعـام باسم عملية « التشييد الضوئى » . وهى عملية غاية فىالتعقيد والغموض ، كما أنها عملية غاية فى الأهمية ، فبدونها يموت الناس جوعا . وقد كشفت بعض أسرار هذه العملية باستخدام الذرات المشعة . فمثلا أوضح الكربون المشع فى ثانى أكسيد الكربون تكون مادتين أو ثلاث مواد جـديدة فى الثانيتين الأوليين بعد دخول ثانى أكسيد الكربون فى النبات . وبعد دقيقة واحدة تتكون خمسون مادة مختلفة على الأقل . ولو أمكن معرفة أسرار عملية التشييد الضوئى كلها ، لاستطاع الانسان صنع الطعام مباشرة دون الاعتماد على المحاصيل



دراسة عملية التمثيل الخضري بالذرات المشعة

والتربة ، ولاستفاد ملايين من سيئى التغذية من سكان هذا العالم . وقد يؤدى مثل هذا الاكتشاف الى تحسين مستوى المعيشة أكثر من أى اكتشاف آخر قد يتم باستخدام الطاقة الذرية .

فبالاضافة الى محاولة تقليد مقدرة النباتات على انتاج الطعام ، يدرس العلماء عملية التشييد الضوئى ، آملين أن يساعد هذا على الاكثار من انتاج الطعام . فالمعروف أن النباتات تنام فى منتصف النهار ، فلو أمكن جعلها تنتج الطعام فى ذلك الوقت بدل النوم ، لزاد انتاج الطعام . وقد تساعدنا النظائر المشعة على الوصول الى ذلك .

البيض والألبان واللحوم

وتساعد النظائر المشعة اليوم على اكثار موردنا من الطعام بمساهمتها فى تجارب الحيوانات . ففى « أوك ريدج » مثلا

استخدم باحث" النظائر المشعة فى دراسة كيفية تكوين الدجاج للبيض ، فوجد أن بعض الطعام المشع الذى أكله الدجاج يظهر فى بيضه الذى باضه بعد أربعين يوما . فالبيضة وإن كانت تتكون فى جسم الدجاجة فى ثمانية أيام ، الا أنه يبدو من هذه التجربة أنه يدخل فى تركيبها بعض الطعام الذى أكلته الدجاجة قبل ذلك بأكثر من شهر . وكلما ازدادت معرفتنا عن كيفية تكون البيض ، يأمل العلماء أن يتمكنوا من مساعدة الفلاحين على زيادة انتاج البيض .

وقد أجريت اختبارات على مادة جديدة تزيد من سمنة الدجاج والخنازير باستخدام المواد المشعة . فتعطى تلك الحيوانات ذلك الدواء ليبطىء غددها الدرقية ، مما يجعلها تنمو بسرعة أكثر ، ويزداد تراكم الدهن فى جسمها مع أكلها نفس كمية الطعام . فهل يوجد ذلك الدواء فى قطع اللحم بعد ذلك ، مما قد يؤثر فى صحة آكليه ؟ وهل يحوى لحم الدجاج وبيضه ذلك الدواء ؟ وقد أجابت الذرات المشعة على هـذه الأسئلة بالسلب ، وعلى ذلك يستطيع الفلاحون أن يطمئنوا عند استخدام ذلك الدواء لزيادة حجم خنازيرهم ودجاجهم .

وقد يستخدم الدواء أحيانا لابطاء الغدة الدرقية للأبقار، وهذا يجعلها كسالى ، مما يؤدى الى تحويل الطاقة التى كانت تضيع فى اتجاهات أخرى الى زيادة انتاج اللبن . وقد استخدم اليود المشـع فى اختبارات للبحث فى تأثير ذلك الدواء على الأبقار ، بتتبعه « بعداد جيجر» يوضع فوق غدة البقرة ، تماما

كما يوضع فوق غدة الانسان ، بحيث تدل دقاته على ما يحدث بداخلها .

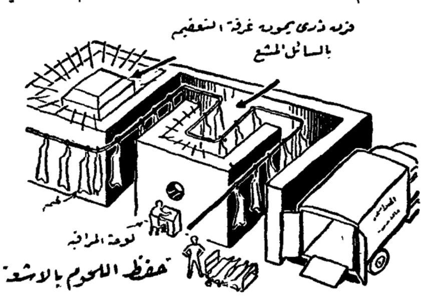
ولكيفية افادة الأبقار من عناصر الغذاء لانتاج اللبن أهمية كبرى بالنسبة للفلاحين . ويمكن دراسة ذلك بتتبع تلك العناصر الغذائية المشعة داخل أجسام الأبقار ، واقتفاء آثارها، ودرس ما يحدث لها من تغيرات كما لو كانت تصور بآلة سينما . ولاستكمال الصورة تستخدم العناصر المشعة فى أبقار صناعية .

كذلك يستخدم الكبريت المشع فى دراسة تكون ريش الدجاج وصوف الأغنام . وما هذه الا أمثلة قليلة عن الطرق التى تساعد فيها الطاقة الذرية على زيادة المعلومات التى تهم الفلاحين وتفيدهم . وما يفيد الفلاح يفيد العالم . وبالنظائر المشعة تحل المشاكل التى كانت تتطلب أعواما فى بضع شهور أو بضع أسابيع ، كما أنها تحل مشاكل لم يمكن حلها بدونها على الاطلاق .



هل يمكن حفظ الغــذاء بتعريضه لكمية غير ضارة من الأشــعة لتعقيمه ؟ فى معمل « بروكهافن » القــومى عرضت البطاطس للأشعة الذرية فى ديسمبر من عام ١٩٥٢ ، وقــد وجدت بعد عامين فى حالة جيدة جدا ، فى حين تصبح البطاطس التى تخزن بالطرق العادية لنفس المدة عديمة القيمة . وقــد أثبتت التجارب التى أجريت فى جامعة «ميتشيجان» أن البصل يمكن حفظه بنفس الطريقة . وفى هذه الحالات تظل الأطعمة المحفوظة سليمة الطعم كما هى .

أما نكهة اللحوم فيبدو أنها تتأثر بتعريضها لكميات كبيرة من الاشعاعات ، ولكن النكهة الجديدة التى تكتسبها أقل مما يتسـبب عن التعبئة فى العلب . ويبدو أن طريقة « بسترة » اللحوم مشجعة النتائج ، وأنها تزيد من الوقت الذى يمكن تخزين اللحم فيه طازجا فى محلات الجزارة من أربعة أيام إلى أسبوعين .



وقد خصص سلاح خدمة الجيش فى الولايات المتحدة لدراسات وبحوث تعقيم الأغذية بالأشعة برنامجا لمدة خمس سنوات يتكلف ملايين الدولارات . فاذا أمكن حفظ الأغذية بالاشعاعات وبالتجميد بالتعبئة فى العلب ، لاستفادت من ذلك القوات المسلحة ولاستفاد منه المدنيون على حد سواء .

تعقيم الأدوية ــ والأدوية المشعة

وهناك أمل كبير فى تعقيم الأدوية بالاشعاعات . كذلك تلعب الطاقة الذرية دورا هاما آخر فى عالم الأدوية . فبزراعة بعض النباتات الطبية فى بيوت زجاجية ذرية ، تتكون أشكال مشعة من الأدوية . فمثلا تصنع مادة « الديچيتوكسين » — وهى دواء مهم لأمراض القلب — فى أوراق « الديچيتالا » . فتزرع تلك النباتات فى بيوت زجاجية محكمة الغلق مكيفة الهـواء ، تحوى غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يحـوى الكربون المشع ، فيستنشقه النبات كما يستنشق غاز ثاني أكسيد الكربون المعتاد من الهواء . وتدخل الذرات المشعة أجزاء النبات المختلفة ، حتى توجـد فى « الديچيتوكسين » النقى الذى يحضر منها .

ويمكن اقتفاء أثر « الديچيتوكسين » فى جسم الانسان لمعرفة طول مدة احتجازه فيه . وقد أثبتت التجـارب التى أجريت تحت اشراف الدكتور «جيلنج» بجامعة شيكاغو أن الدواء يحتجز فى الجسم مدة تتراوح بين أربعين وسبعين يوما ،

وهـذا أطول بكثير مما كان يعتقد العلماء . وبمثل هـذه المعلومات يتمكن الأطباء من تحديد جرع دقيقة لكل مريض بالقلب حسب حالته .

كذلك تزرع نباتات طبية أخـرى كالأفيون ، وست الحسن ، والدخان ، والحشيش فى بيـوت ذرية زجاجية لتزداد معرفتنا عن الأدوية التى تصنعها تلك النباتات

تغيير الجو

وتنعم النباتات داخل تلك البيوت الذرية بتكييف الهواء : ويحلم الكثيرون بيوم يمكن فيه اسـتخدام الطاقة الذرية للتحكم فى جو العالم . ويأملون الحصول على طاقة ذرية رخيصة قد تستخدم لانتاج الأمطار حينمـا وأينما تلزم . ويتحدثون عن تسخين تيارات المحيطات التى تسرى بالقرب من الأرض وتؤثر على مناخ مساحات كبيرة ، وان كان من المؤكد أن مثل هذا التحكم فى المناخ ليس متوقعا فى المستقبل القريب ، وقد يظل دائما فى عداد الأحلام .

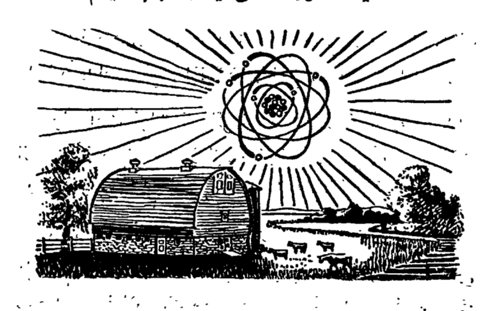
وتستخدم اليوم محطات الأرصاد الجوية الطاقة الذرية المتحررة من اختبارات القنابل الذرية فى دراسات قد تزيد من دقة اخصائييها وتنبؤاتهم . ولكن اختبارات القنـابل الذرية لا تحدث أى تغيير فى الجو أو تسبب أى مطر أو صقيع .

ومن الطرق التى قد تساعد بها الطاقة الذرية الفلاحين

استخدام الحرارة الذرية لتسخين أحواض البساتين . وقد تحل الحرارة الرخيصة المتولدة من الذرات يوما ما محل أوانى التدفئة التى تستخدم اليوم لوقاية البرتقال والليمون وغيرها من الفواكه من الجليد غير الموسمى .

وقد تساعد الطاقة الذرية الفلاحين بطرق عديدة أخرى فى المستقبل ، ولكن يبقى أن نتعلم كيف ومتى يمكن تحقيق ذلك .

وهكذا نرى أن الزراعة الذرية للأغذية والأطعمة قد ساهمت فى احداث تطورات هامة ، مع أن الطاقة الذرية ما زالت فى هذا الميدان — كما هى فى ميدانى الطب والصناعة — فى بداية مساهمتها فى تحسين مستوى الحياة . وستستمر غدا مساهمتها فى ميدان الزراعة على أيدى شباب اليوم .





الذرة فى الصناعة

اذا أردت البحث عن ابرة فى كوم من القش ، فسيدلك عليها « عداد جيجر » اذا كان بها قليل من الحديد المشع .

وقد أدت ذرات النظائر المشعة أعمالا قيمة فى ميدان الصناعة ، ودخلت فعلا الى صفوف الانتاج فى صناعات عديدة ، مع أننا لم نلمس بعد الا القشور فى هذا الميدان .

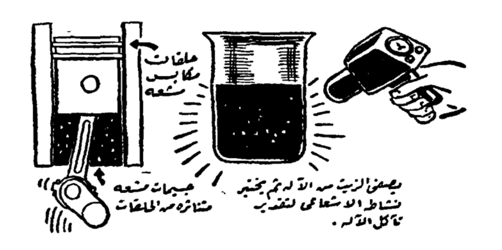
ويزداد عدد الصناعات التى تشترى « المخلفات » الذرية كل عام ، كما تكتشف تطبيقات جديدة للنظائر المشعة التى تنتجها المفاعلات النووية . وبالاضافة الى توفير تلك « المخلفات » وتحضير النظائر المشعة « بطهوها » فى الأفران

الذرية ، تتعاون لجنة الطاقة الذرية فى انتاج مواد خاصة عند الحاجة اليها . فمثلا يمكن ارسال حلقات المكابس الى المفاعل الذرى لتعريضها للنيوترونات فيه ، ثم تستخدم فى آلة تجريبية لتقدير التآكل فيها .

التآكل الآلى

فقد كانت الطريقة القديمة لتقدير التآكل الآلى فى زيت معين عبارة عن وزن جميع أجزاء الآلة وهى باردة ، ثم ادارتها عدة ساعات ، ثم وزن جميع الأجزاء مرة ثانية ، فالفرق فى الوزن هو كمية تآكل الآلة من تأثير ذلك الزيت .

أما الطريقة الجديدة لاختبار تآكل الآلة بواسطة حلقات المكابس المشعة فأبسط كثيرا وتحتاج الى وقت أقل . فبعد ادارة الآلة يصفى الزيت ، وما به من الدقائق المعدنية الصغيرة التى تآكلت من الحلقات . ثم تعين درجة التآكل بتقدير النشاط الاشعاعى المنبعث من تلك الدقائق .



وقد أجرت شركة « ستاندارد أويل » بكاليفورنيا بحوثا على المكابس مدة أربع سنوات كلفتها حوالى ٣٥٫٠٠٠ دولار. ويقدر أن مثل هذه الاختبارات ، لو أجريت بالطرق القديمة، لتكلفت مليون دولار ، ولاستغرقت ستين عاما .

تآكل اطارات السيارات

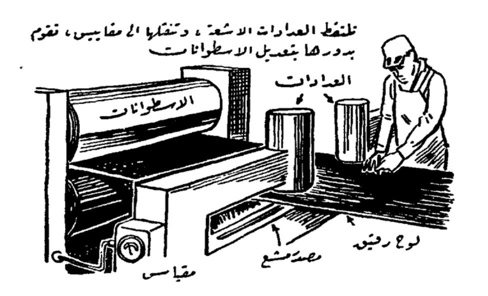
وتبين الذرات المشعة لمنتجى اطارات السيارات كيف تتآكل تلك الاطارات ، فتصنع شركة « جودريتش » خيوطا معينة تحوى الفسفور المشع ، وتدخل فى صناعة الاطارات . ويمكن اختبار التآكل بطريقتين : تستخدم فى أولاهما « عدادات جيجر » ، وتستخدم فى الثانية — وهى الأفضل — أفلام حساسة تعرض للطريق الذى مرت عليه تلك الاطارات ، بعد أن يحدد برسم خطين بالطباشير ، يترك بينهما الفيلم عدة ساعات . فتقوم الدقائق الصغيرة من المطاط التى تآكلت وسقطت على الطريق بتصوير نفسها بنفسها . وبذلك يتبين جليا أى تآكل قد يصل الى أقل من جزء من المليون من الرطل.

وتستخدم النظائر بطرق مماثلة فى قياس تآكل كثير من أجزاء الآلات ، وتوفر المال والوقت ، نظرا لامكان تقدير كميات ضئيلة من الذرات المشعة بدقة .

سمك الألواح

كما يمكن قياس سمك بعض المواد كالمطاط والورق واللدائن والمعادن الرقيقة والألواح والمنسوجات بواسطة

النظائر المشعة . فاذا تصورت لوحا من اللدائن مفرودا بين اسطوانات تضبط سمكه ، يوضع على جانبيه « مخبر » ميكانيكى ، بطريقة خاصة تجعل النظير المشع فى جانب من ذلك اللوح ، والآلة التى تكتشف وتقيس نشاطه الاشعاعى فى الجانب الآخر ، بحيث لا يمس أيهما اللوح . فعندما يزداد سمكه بأقل درجة ، تقل الاشعاعات التى تخترقه لتتسجل على الآلة . فاذا حدث ذلك ، تتعدل الاسطوانات تلقائيا ، بحيث تمر الألواح باستمرار ، وليس بسمكها الا تغير طفيف جدا .



وتستطيع بعض تلك الأجهزة أن تجعل سمك انتاج الآلات — مع تشغيلها المستمر — لا يتفاوت بأكثر من جزء من ٢٫٠٠٠ . وهذا يوفر بمضى الوقت كثيرا من المادة التى تضيع هباء فى السمك الزائد غير المطلوب . فقد قدرت احدى الشركات أنها تستطيع الحصول على انتاج من اللدائن يزيد

بمقدار ٥٠٪ عما قبل من نفس كمية اللدائن باستخدام الطاقة الذرية فى مراقبة سمك الانتاج .

أخطاء الانتاج

وكذلك تؤدى الطاقة الذرية مهمة المراقبة بطرق أخرى ، مثل اكتشاف الأخطاء فى قطع الآلات بواسطة النظائر المشعة. فمنذ وقت طويل تستخدم الأشعة السينية والراديوم « للنظر خلال » المعادن الثقيلة ، فتمر الأشعة خلال الأخطاء أو الثقوب أسرع مما تمر خلال بقية الانتاج السليم ، فتكشف الأخطاء بطريقة تشبه شيئا ما الطريقة التى تكتشف بها الأشعة السينية الخلل فى الأسنان . وتستخدم الآن بعض النظائر المشعة بدل الراديوم والأشعة السينية التى كانت تستخدم قبلا فى ذلك العمل ، لأنهـا أرخص كثيرا وأسهل فى الاستعمال .

صناعة الطائرات

وتستخدم النظائر المشعة كآلة تفتيش لتحديد الأجزاء المختلة أو التوصيلات الكهربائية الرديئة فى الهياكل الهوائية لكثير من الطائرات ، اذ أن بعض تلك الأجزاء يصعب الوصول اليه ، ولكن النظائر المشعة مثل « سيزيوم ١٣٧ » يمكنها فحص تلك الأجزاء بسهولة . و « السيزيوم ١٣٧ » واحد من مخلفات المفاعلات النووية ، أى أنه نوع من القمامة الذرية التى أمكن الافادة منها .

وقاية العمال

كذلك يستطيع « المخبر المشع » أن يقي عمال الآلات أيضا . فمثلا يمكن وقاية أيدى العامل المشتغل بالمثقاب الآلى، بلبس سوار مشع فى معصمه . فاذا لم يتمكن من سحب يده فى الوقت المناسب ، تقف الآلة تلقائيا بفعل ما ينبعث من السوار من الاشعاعات .

العبوات الفارغة

ويمكن فحص بعض العبوات بواسـطة النظائر المشعة أثناء مرورها على شريط الانتاج . فاذا لم تكن ممتلئة تماما ، مرت أشعة أكثر بين النظير المشع والعداد الموضوع فى الجانب الآخر منها ، مما يؤدى الى توهج ضوء ، أو الى تعديل الآلة بحيث تقذف بتلك العبوة غير الكاملة خارج الصف .

صناعة المعادن

ويمكن بواسطة الذرات المشعة أن يقاس ارتفاع المعدن المنصهر فى فرن المسبك ، أو قياس كمية الماء المعبأة فى صورة ثلج فوق قمم الجبال ، فالذرات تنقسم باستمرار مهما كانت درجة الحرارة أو البرودة .

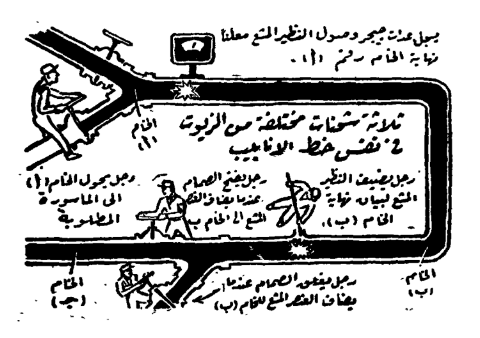
التسرب من المواسير

لو أن بعض الماء تسرب من ماسورة المياه الموجودة فى باطن الأرض قرب منزلك ، وأردت اكتشاف مكان ذلك ،

فستضطر الى حفر مسافات حـول ذلك المكان قبـل أن تحدد موقعه . ولكن هناك طريقة أحدث وأحسن من ذلك باستخدام الذرة ، فباضافة قليل من مادة مشعة الى المـاء الذى يسرى فى الماسورة يتسرب بعضها مع الماء المعتاد . وبذلك تستطيع تتبع مسرى الماسورة بآلة تكتشف النشاط الاشعاعى ، وعندما تسرع الدقات يمكنك أن تحفر مباشرة الى مكان التسرب .

خط أنابيب البترول

تسرى فى كثير من أنابيب البترول أنواع مختلفة من المواد مثل زيت الديزل والجازولين والزيت الخام ، واليوم تستخدم المواد المشعة لبيان الحد الفاصل بين كل مادة وأخرى . فاذا فرضنا أن الجازولين يسرى أولا ، ويليه الكيروسين ثم زيت الديزل ، ففى نهاية خط الأنابيب يعلن وصول الاشعاعات بدء



وصول الكيروسين ، ثم بدء وصول زيت الديزل . ولولا تلك الطريقة للزم تفريغ براميل كثيرة من المواد وضياعها ، فى سبيل محاولة تحديد مكان بداية الصنف الجديد .

وتستفيد صناعة البترول من النظائر المشعة بطرق أخرى كذلك . فمثلا يمكن استخدامها لادارة مضخات اضافية لزيادة سريان البترول عند تزايد الطلب ، وايقافها عند ما لا تلزم . والنظائر المشعة تقيس سرعة سريان وارتفاع السوائل ، وتكتشف وجود بعض آلات صغيرة تكون قد ألقيت فيها عرضا مما قد يعرقل سريان السوائل فى الأنابيب . وهناك أوجه أخرى تلعب فيها النظائر دور العيون السحرية .

الصابون

وتؤدى النظائر عمل العيون السحرية فى انتاج الصابون كذلك ، حيث تستخدم بكتريا مشعة فى بحوثه . والبكتريا لا يمكن أن ترى الا بالمجهر ، أما اذا تغذت على النظائر المشعة فانها تصبح مشعة كذلك ، ويمكن قياسها بسهولة بواسطة « عداد جيجر » . فلاختبار مقدرة الصوابين والمنظفات المختلفة على غسل الملابس ، توضع البكتريا المشعة على تلك الملابس ، ويغسل كل نوع منها بصابون مختلف ، وتقاس البكتريا الباقية على كل منها لمعرفة درجة كل صابون ومقدرته على التنظيف .

واذا ثبتت قطعة ضئيلة من الكوبلت المشع فى حوامل

البريد التى تسافر خلال المواسير ، فيمكن اكتشاف أحدها اذا سد الماسورة بواسطة « عداد جيجر » .

المياه الجوفية

وتمكن النظائر العلماء من اختبار المياه الجوفية لتقدير عمرها والكمية التى تأتى من تساقط الأمطار . كذلك يمكن اختبار عينات من التربة باستخدام الكوبلت ٦٠ عند الموقع الذى تتم فيه أعمال هندسية . وبهذه الطريقة الجديدة لا يلزم أن تؤخذ عينات منها الى المعمل كما كانت الحال فى الماضى .

وقد استخدم مكتب استصلاح الأراضى فى الولايات المتحدة النظائر لدراسة أثر قاتل للأعشاب على الأعشاب المائية التى تنمو فى قنوات الرى وتعطل سريان الماء . فباستخدام قاتل للأعشاب يحوى ذرات الكربون المشع ، تمكن العلماء من اقتفاء أثره فى النباتات ، ثم استخدمت المعلومات التى حصلوا عليها لتحديد أفضل الطرق لاستخدام قاتل الأعشاب فى الحد من الأعشاب الضارة فى قنوات الرى .

فوائد أخرى

كذلك يستفاد من النظائر المشعة فى اتجاهات أخرى كاختبار خصائص الطلاءات ، وتآكل شمع الأرض ، وتعقيم مصل الدم ، واختبار مقدرة طلاءات الوجه على التسرب داخل المسام ، كما تختبر مئات من الاستعمالات المحتملة الأخرى .

محاربة الاجرام

وقد بدأت النظائر فى المعاونة على محاربة الاجرام أيضا . فيستخدمها مكتب التحريات الفيديرالى وأقسام البوليس فى بعض المدن الأمريكية الكبرى فى اقتفـاء الأثر ، فيخلطها بعض الجواهريين بالأحجـار الكريمة الثمينة حتى يمكن التعرف عليها فى حالة السرقة .

فى كل مكان

وفى كل مكان فى العالم تعمل الذرات المشعة من أجل الانسان . فتستخدم فى تقدير مدى تسرب المياه الجوفيةخلال جبال الألب . وفى فرنسا تستخدم للتأكد من عدم نفاذ الهواء فى خطوط التليفونات الأرضية ، وتعين فى انشاء الخطوط تحت الماء بين فرنسا وشمال أفريقيا . وما هذه الا عينات فقط من أعمال الذرة للأغراض السلمية .

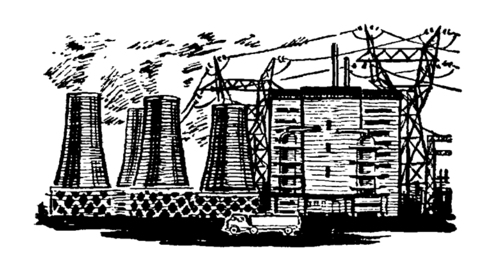
والنظائر المشعة آلة جديدة فى الصـناعة ، وكثير من استعمالاتها ما زالت لم تتحدد ، ومع هذا فالصناعة من أحسن زبائن النظائر المشعة التى تنتجها لجنة الطاقة الذرية . فلا يوجد أى منتج تقريبا لا يستطيع استخدامها لايجاد حلول أسرع وأبسط وأدق لمشاكله .

وتتزايد اعـداد الشركات التى تقوم بتحضـير وتجهيز النظائر المشعة وبصنع آلات لاستعمالها . كما أن للجامعات أو جماعات البحوث الصناعية التى تحصل على موافقة لجنة

الطاقة الذرية أن تشترى أنواعا عدة من المفاعلات الصغيرة لانتاج تلك النظائر .

ويعتقد كثير من العلماء أن النظائر المشعة ستؤدى الى تغيرات هائلة فى العشر سنين أو العشرين سنة التالية ، وان حدثت ببطء وبالتدريج . وستلازم استخدام النظائر المشعة دائما المشاكل الكثيرة التى تصحب العمل بالاشعاعات دون الاضرار بمن يستخدمها . ورغم هذا فالدور الذى تلعبه الطاقة الذرية فى الصناعة فى نمو دائم .

ففى كل شهر تعمل آلاف من النظائر المشعة من أجلك فى المصانع ، وتنبعث منها اشعاعات تساعد على صنع منتجات أحسن بأسعار أقل ، مع أنها ما زالت فى بداية عملها كخدام للصناعة .



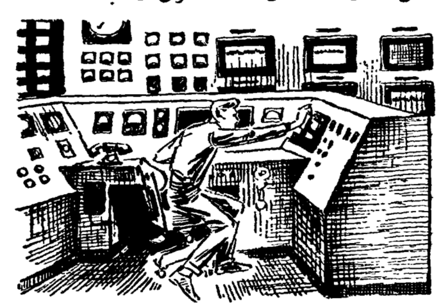
الكهرباء من الذرة

سيأتى اليوم الذى تمون به محطات ذرية مدنا بأسرها بالكهرباء . وتتخذ الآن الاجراءات المختلفة لوقاية العمال من الأخطار التى يتعرضون لها فى محطات الكهرباء التى تتولد فيها الطاقة من الفحم أو من مساقط المياه . أما فى محطة الطاقة الذرية فينبغى اتخاذ احتياطات خاصة أكثر : فمن أفلام تعلق على الصدور ، الى ملابس واقيـة ، الى أيد ميكانيكية تؤدى العمـل بالمراقبـة عن بعد ، الى آلات لاكتشاف الأشعة ، الى غير ذلك من التعقيدات فى عـالم النشاط الاشعاعى . كما يلزم أيضا مراقبة سرعة الفرن الذرى الساكت ، ويخصص خـبراء لمراقبة لوحة الآلات

والأنوار التى تشبه تماما اللوحات المستخدمة فى المفاعلات الأخـرى .

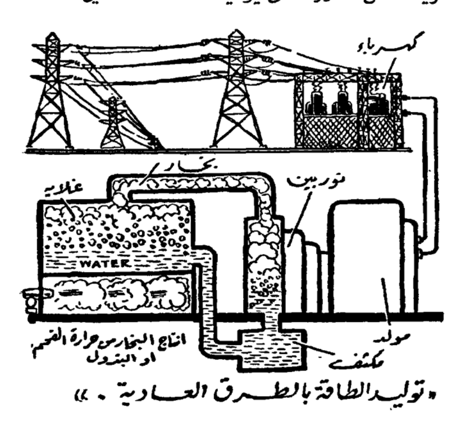
وقد تتساءل عما اذا كان مثل ذلك المصنع الذرى للطاقة سينفجر كما تنفجر القنبلة ، فيلزم ألا تخاف من الحيـاة أو العمل بالقرب من المفاعل النووى ، لأنه لو حدث أى خطأ فستعلن عنه أنوار التحذير ، لتنبه المشرف على لوحة المراقبة ليضغط على زر خاص لايقاف الفرن ، ويؤدى هـذا الى ادخال قضبان التحكم فى التفاعل ، التى تمتص النيوترونات فتنقطع سلسلة التفاعلات ، قبل أن يصل الفرن الذرى الى نقطة الانفجار .

وستخذ من الاحتياطات التى تجعل المشتغلين فى أمان نفس ما يتخذ فى الأطوار الأخرى من برنامج الطاقة الذرية ، فمستوى الصحة والأمان اليوم فى صناعة الطاقة الذرية أعلا من مستواهما فى أى صناعة أخرى فى البلاد .



طريقة توليد الكهرباء

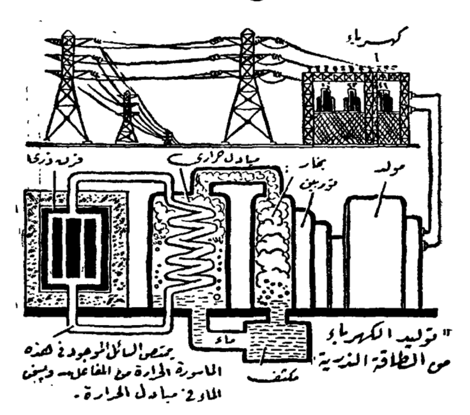
وطريقة توليد الكهرباء فى مصنع الطاقة الذرية — كبر أو صغر — هى فى أساسها نفس الطريقة المتبعة فى محطات الكهرباء العادية ، الا من حيث وجود المفاعل الذرى وطريقة التخلص من الأدخنة المتخلفة . فيستخدم الوقود (الذرى فى هذه المرة) لتوليد الحرارة ، ثم تحول الحرارة الماء الى بخار، ويدير البخار المضغوط مراوح « التوربين » البخارى ، ويدير هذا بدوره مولدا ينتج الكهرباء التى تسرى فى الأسلاك لتؤدى أنواعا عديدة من الأعمال . ويؤدى البخار فى هذه الطريقة نفس الدور الذى يؤديه منذ مئات السنين .



« توليد الطاقة بالطرق العادية . »

ويحلم الكثير من الناس بمحطات طاقة ذرية تنشأ غدا لتولد الكهرباء الرخيصة ، ولكنهم لا يقدرون المشاكل التى يجب حلها بشأن النشاط الاشعاعى ، والحرارة الشديدة المتولدة فى المفاعلات . فقد تتكلف المفاعلات عشرات من ملايين الدولارات . كما يلزم أن تكون المـــواد الخاصـــة المستخدمة فى البناء قادرة على تحمـــل الحرارة الشديدة . ويلزم أن تنتقل الحرارة من المواد المشعة الى المواد غير المشعة.

وقد وضعت فعلا مئات من التصميمات لتلك المفاعلات ، ولكن ينبغى فى جميع الأحوال تبريدها لتخفيض درجات الحرارة المتناهية فى الارتفاع التى تتكون فى أجزائها الداخلية



"توليد الكهرباء من الطاقة الذرية"

وتسمى المادة اللازمة لتبريد المفاعلات باسم « المبرِّد » وهى أيضا تنقل الحرارة الى جهاز لتبادل الحرارة ، حيث تعطى بعض حرارتها الى الماء أو أى مادة أخرى ، وهكذا تصبح المادة الساخنة غير مشعة . ومن المواد المبرِّدة الماء الثقيل ، وبعض أنواع الغازات ، والمعادن السائلة ، والماء المعتاد ، وغـيرها .

كما أن مصنعا كبيرا للطاقة الذرية يستخدم الصوديوم السائل لازالة الحرارة من قلب المفاعل . وليس الاشـتغال بالصوديوم مهمة هينة ، لأنه اذا تعرض للهواء يلتهب ، واذا اتصل بالماء ينفجر بعنف ، كما أن الصوديوم السائل عند خروجه من المفاعل يكون مشعا . وما هذه الا بعض المشاكل التى تواجه مهندسى الطاقة الذرية .

وبعكس الحالمين الذين يتوقعون طاقة ذرية رخيصة غدا نجد أولئك الذين يضحكون من فكرة توليد الكهرباء من الذرة . ولكن الواقع أن الحرارة المتولدة من انشطار الذرة استخدمت فى انتاج الكهرباء فى « ايداهو » فى عام ١٩٥١ فأنتجت كمية كافية من التيار لاضاءة مبنى المفاعل وتشغيل آلاته .

اول محطة أمريكية

وفى ٦ سبتمبر سنة ١٩٥٤ بدأ الرئيس ايزنهاور بناء أول

محطة تجارية الحجم للطاقة الذرية فى الولايات المتحدة . فلمس بعصاه اسطوانة متصلة بآلات اليكترونية فى « دنفر » بمقاطعة « كولورادو » . وبذلك بدأ تشغيل جاروف هائل لحفر الأرض من منطقة محطة الطاقة الذرية فى « شبنج پورت » بولاية « پنسلڤانيا » التى تبعد بحوالى ٢٠٠٠ ميل عن « دنفر » . وفى ذلك المكان تبنى شركة « وستنجهاوس » الكهربائية مفاعلا ، ستشغله شركة « دوكيسن » لتوليد الكهرباء اللازمة لتلك المدينة الصغيرة . ويتوقع أن يكون الوقود الشهرى اللازم لتلك المحطة حوالى ١٥ رطلا من اليورانيوم ، فى حين يلزم لانتاج نفس الكمية من الكهرباء بالطرق الحالية حوالى ٤٠ر٠٠٠ رطلا من الفحم .

وستكون الكهرباء المتولدة من أولى محطات القوى الذرية غالية اذا ما أدخلنا تكاليف بناء المفاعلات الذرية فى الاعتبار . ولكن الأسعار بعد ذلك ستقرب من أسعار الكهرباء المتولدة من مصادر الطاقة الأخرى . ومن المحقق أن وقود المفاعلات الذرية سيعين موارد العالم المتضائلة من أنواع الوقود الأخرى كالزيت والفحم والبترول .

ويورانيوم ٢٣٥ واحد فقط من أنواع الوقود الذرى الذى استطاع الانسان استخدامه . فأفران « هانفورد » وغيرها تحول يورانيوم ٢٣٨ الى البلوتونيوم ، وهو الغنصر

الذى صنعه الانسان والذى يمكن أن ينفلق لتوليد الطاقة .

وتستخدم طريقة تعرف باسم « طريقة التوالد » فى بعض المفاعلات لانتاج وقود أكثر مما تستهلك ، وهـذه عملية بطيئة ، فقد « يطهى » الوقود فى مثل هذا الفرن الذرى مدة خمس سنوات أو أكثر قبل أن تعادل سرعة انتاج الوقود فيه أو تفوق سرعة استهلاكه .

وقد يزيد « الثوريوم » — وهو عنصر أكثر توفرا بعض الشىء من اليورانيوم فى القشرة الأرضية — من موارد العالم من الوقود ، حيث أنه يمكن أن يحوّل فى المفاعل الى يورانيوم ٢٣٣ ، وبذلك يمكن استخدامه كوقود نووى .

وستقوم الطاقة الذرية يوما ما بتوليد الكهرباء الرخيصة فى العالم كله . وقد تموّن بعض المحطـات الأولى لتوليد الكهرباء من حرارة الذرات المتحطمة المناطق التى يندر فيها الوقـود بما يلزمها من طاقة . ففى المنـاطق القطبية مثل « ألاسكا » و « جرينلاند » يمكن نقل مصانع معبأة الى القواعد الحربية النائية . ويمكن استخدام محطات صغيرة أخرى لامداد المناطق المنكوبة بالكهرباء . وبالمثل يمكن انشاء محطات عائمة لتوليد الطاقة الكهربائية .

ويمكن انتاج الكهرباء من تحطيم الذرة بطرق مختلفة تماما . فتستطيع مصانع الطاقة الذرية التجريبية التى تنتج كميات كبيرة من الكهرباء أن تحول الطاقة الذرية الى حرارة

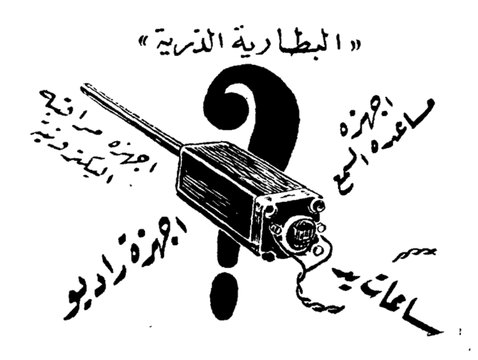
ثم تستخدم الحرارة لتوليد البخار الذى يستخدم لانتـاج الكهرباء .

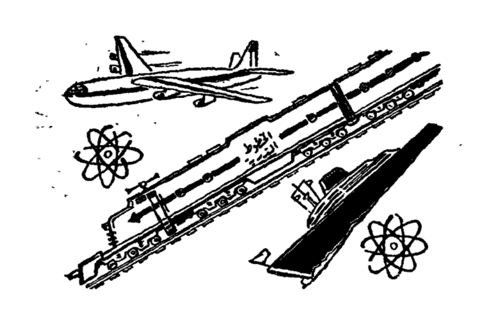
البطارية الذرية

وقد صنعت شركة RCA بطارية ذرية صغيرة تستخدم « الاسترنشيوم » المشع وهو من « رماد » الأفران النووية . وتحول تلك البطارية (التى يبلغ حجمها كحجم طرف الأصبع) الأشعة مباشرة الى كمية من الكهرباء تعادل جزءا من المليون من الواط . وعلى ذلك يلزم ١٠٠ مليون من هذه البطاريات الصغيرة لتوليد كهرباء كافية لاضاءة مصباح قوته ١٠٠ واط ومع هذا فلاكتشافها أهمية كبيرة جدا .

والتيار المتولد من البطارية الذرية يبلغ من القوة حدا يحدث معه صفيرا فى آلة التليفون أو سماعة الأذن — اذا وصلت بها — يمكن سماعه على بعد ٢٠ قدما . وقد تبدو مثل هذه الكمية الصغيرة عديمة القيمة من الكهرباء ، ولكنها تبشر باليوم الذى يمكن فيه تشغيل السماعات وساعات اليد والاشارات والراديو وحتى أجهزة أكبر من ذلك ، بواسطة طاقة ذرية تبنى بداخلها . ولما كان « الاسترنشيوم » المشع يستمر فى تحرير الاليكترونات مدة عشرين عاما ، فيمكن تشغيل البطاريات الذرية طول هذا الوقت دون اعادة شحنها أو ملئها بالوقود . ولهذا السبب يعتبر صـنع مثـل تلك البطارية تقدما هاما فى انتاج الكهرباء .

ويعتقد بعض العلماء أن اكتشاف البطارية الذرية من أعظم الطفرات التى حدثت فى تاريخ العالم . وقد تأخذ مكانها الى جانب المفاعلات الذرية فى امداد العالم بمصادر جديدة للطاقة . وسيكشف الوقت وحده عن العجائب التى يمكن الوصول اليها بتسخير الانسان للذرات فى انتاج الطاقة الذرية للأهداف السلمية .





السفر الذرى

يحوى قرص من اليورانيوم فى حجم حصوة صغيرة من الرخام كمية من الطاقة تكفى لتسيير سيارة أربع مرات حول الأرض . ولكن لا تأمل أن تشترى سيارة ذرية فى العام المقبل لتتفادى تكاليف البنزين ومتاعب محطاته ، لأنه لم يمكن حتى الآن تحرير الطاقة من مثل تلك الكمية الصغيرة من الوقود الذرى . وبالاضافة الى هذا تزن السيارة الذرية — ان صنعت اليوم — حوالى خمسين طنا ، كما لا يمكن أن يوضع البناء الذى يبلغ سمكه ستة أقدام من المسلح — اللازم لوقاية السائق من المفاعل النووى — محل خزان البنزين فى أى سيارة من سيارات اليوم .

وليس السفر الذرى — مع هذا — حلما من الأحلام . ففى الغواصة المفطوسة الأنف ، التى تشبه شكل السيجار ، والتى أطلق عليها اسم « نوتيلوس » [١] توجد آلة ذرية ستخلد ذكراها دائما كأول محرك يحوى مفاعلا نوويا تستخدم طاقته فى المواصلات . ففى ١٧ يناير سنة ١٩٥٥ دفعت الطاقة الذرية تلك الغواصة فى جوف الماء ، فى حين لم يكن تسيير الآلات بالطاقة الذرية قبل ذلك بست سنوات أكثر من أمل . وقد تحول ذلك الأمل تحت اشراف الأميرال « هايمان ريكوفر » الى مركب يمكن أن يسافر الى أقاصى البحار دون أن يعاد شحنه بالوقود .

ولهذه الغواصة آلة ذرية تجعلها قادرة على عبور المحيط الأطلنطى بسرعة عالية وهى مغمورة تحت الماء ، وتستطيع السفر حول العالم كله دون أن يعاد شحنها بالوقود ، أما أقصى سرعتها فسرّ من الأسرار وقد مزح بعضهم قائلا ان الغواصة الذرية تستطيع السفر مغمورة مدة أربع سنوات ، ثم لا تحتاج الى الظهور الى السطح الا فترة تكفى لاعادة تسجيل بحارتها فى الخدمة العسكرية فقط . ومن المحقق أن هذه الغواصة الذرية تفوق كثيرا الغواصات القديمة .

---

(١) Nautilus.

وقصة أولئك الذين عملوا دون انقطاع تقريبا لابراز الغواصة الذرية الى حيز الوجود قصة النبوغ الهائل والشجاعة الكاملة . وهى قصة العمل الشاق والسباق مع الزمن ، لأن الوقت كان عاملا رئيسيا . وان كانت ست سنوات تبدو مدة طويلة لمن لا يقدرون المشاكل والمصاعب التى اعترضت المشروع ، ولكنها فى الواقع فترة قصيرة اذا ما قورنت بالخمسين عاما التى قدرها بعض أعاظم العلماء لتحقيق مثل ذلك الهدف .

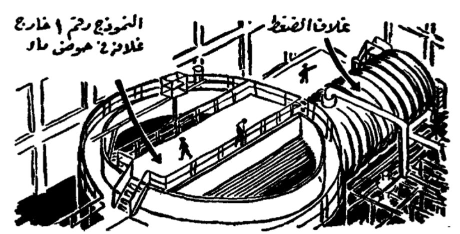


فالقطع اللازمة للغواصة لم تكن جاهزة يمكن شراؤها ، وانما لزم أن توضع لها التصميمات . ولم يمكن التقليد أو نقل أى فكرة عن غواصة أخرى ، لأنها كانت الأولى من نوعها . لقد كانت آلة الغواصة الذرية « مارك » (١) سرا كبيرا فى صحراء « ايداهو » .

ففى منطقة صحراوية فى ولاية « ايداهو » أقيم مبنى ضخم من المسلح دون أى نوافذ ، سمك حوائطه عشرة أقدام ، وارتفاعه ثمانية طوابق فوق سطح الصحراء . وبداخل

ذلك المبنى — وعلى بعد آكثر من ألف ميل من أقرب محيط — جمع العمال هيكل أول نموذج لغواصة ذرية وجوانبها ، فى حين كان فرنها النووى فى « حوض » خاص ، بلغ قطره خمسين قدما وعمقه حوالى الأربعين ، ويمكن تحرير الطاقة من ذلك المصنع النووى بتحريك زر خاص .

وقد بنى النموذج رقم (١) للغواصة فى ذلك المكان ، على أن تبنى نسخة مشابهة له تماما فى الغواصة «نوتيلوس» على بعد ٢٥٠٠ ميلا ، فى « جروتون » بمقاطعة «كونكيتكت» حيث أحيطت منطقة خاصة فى طرف حوض السفن بالحبال وأطلق عليها الاسم المستعار « سيبريا » .

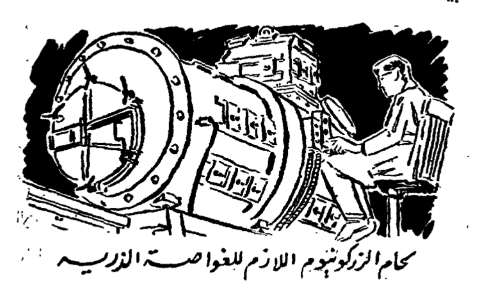


وقد صنعت أجزاء النموذج رقم (١) فى ٢٣ ولاية مختلفة ، ثم اختبرت وروجعت وجمّعت فى « ايداهو » . ثم بنيت منها نسخة أخرى فى النموذج رقم (٢) ، وهو الآلة التى كانت ستوضع فى أول غواصة ذرية لتموينها بالطاقة . وفى «سيبريا» فى «جروتون» بولاية «كونكتيكت»

وضعت تلك الآلة رقم (٢) فى هيكل الغواصة «نوتيلوس» .

ولا يمكن تصديق المشاكل التى تغلب عليها الأميرال « ريكوفر » ورجال بحريته بالاشتراك مع لجنة الطاقة الذرية وشركة « وستنجهاوس » الكهربائية وشركة المراكب الكهربائية .

فمثلا كان « الزركونيوم » أحد المعادن التى اقترحت لتستخدم فى النموذج رقم (١) ، لأن هذا المعدن النادر يتميز بمقدرته على تحمل درجات الحرارة العالية ، ولا يمتص النيوترونات ، ويبطىء سلسلة التفاعلات النووية . وعندما بدأت دراسته ، وجد أن ثمن الرطل الواحد منه نصف مليون دولار ، فضلا عن ان كل ما كان بالولايات المتحدة منه لا يكفى لملء صندوق أحذية . ولكن قبل أن يتم النموذج رقم (١) كان « الزركونيوم » ينتج رخيصا نسبيا وبكميات كبيرة كذلك .



لحام الزركونيوم اللازم للغواصة الذرية

وكان لحام « الزركونيوم » مشكلة أخرى . فرغم أنه لا يمتص النيوترونات كأكثر المعادن ، الا أنه يمتص الأكسيجين والنتروجين عندما يلحم فى الهواء ويشتعل . فصمم مهندسو « وستنجهاوس » خزانا مفرغا يشبه الرئة الحديدية ليمكن لحام الزركونيوم فيه .

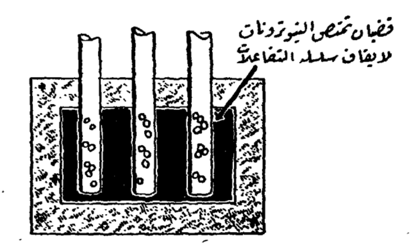
وسبب النشاط الاشعاعى مشكلة أخرى . فقد كانت أكثر التجارب تجرى خلف حوائط سمكها سبعة أقدام من المسلح فصمم مقرب « بريسكوب » خاص يمكن العامل من رؤية ما يؤدى من أعمال . واستخدمت أيد ميكانيكية كالمخلاب لاجراء العمليات عن بعد . وأجريت العمليات الأخرى تحت ١٢ قدما من الماء فى ورشة مطمورة تحت الماء ، ليستطيع العمال رؤية وتشغيل آلات مشعة خاصة بأمان تام .

وابتكر للغواصة جهاز تنفس خاص ، لكيلا ينفد مورد الأكسيجين فيها ، ولكى يزال ثانى أكسيد الكربون خلال الفترات الطويلة من الوقت التى تنغمر فيها الغواصة تحت سطح الماء .

وخصصت مجموعة من البحارة لاختبار أجهزة التنفس واختبار وسائل الحياة فى هواء صناعى مدة ستة أسابيع . فظل اثنان وعشرون بحارا مع طبيب بحار فى غواصة مدة ستة أسابيع خرجوا بعدها فى حالة صحية جيدة .

ومن المصاعب الأخرى أن الغواصة الذرية يجب أن تكون متينة الصنع ، لأنه متى بدأ عملها ، لا يمكن أن يمسها رجال الاصلاح ، وهذا يعنى ضرورة مضاعفة العناية ببنائها ومتانتها .

ومن المشاكل الأخرى التى اتخذت الاحتياطات لمواجهتها حدوث خلل بالمفاعل أثناء وجود الغواصة فى البحر ، ففى حالة الطوارىء ينير ضوء أحمر للتنبيه ، وتنزل قضبان من « الهافنيوم » فى المفاعل النووى لتمتص النيوترونات وتوقف سلسلة التفاعلات النووية وتبطل عمل الفرن الذرى. وتتحرك الغواصة بعد ذلك ببطاريات أو بآلة ديزل صغيرة تكون مستعدة لمثل تلك الطوارىء .



كذلك اذا تسرب الماء المشع ، كان خطرا على البحارة أو على السفن القريبة من مكان الغواصة . ولذلك يلزم أن تكون المواسير والصمامات والأجهزة الأخرى قوية ، محكمة

اللحام ، لتمنع أى تسرب قد يحـدث حتى تأثير الضغوط الشديدة فى أعماق البحار . كذلك تلحم أجهزة التبريد بدقة شديدة بحيث أن الماء المشع الذى قد يتسرب منها فى ٥٠٠ سنة لا يتعدى المـائة نقطة . وما هـذا الا مثال واحد على العناية التى اتخذت فى بناء الغواصة الذرية « نوتيلوس » لحماية المسافرين فيها .

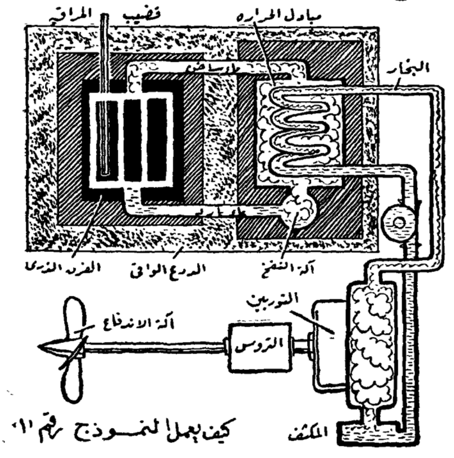
ولقد كان الشك فى امكان تسخير الذرة لتسيير سفينة أو غواصة يتطرق دائما الى أذهان الجميع ، كما أن مثل هذا العمل الباهر لم يتحقق قبل هذه المرة .

وقد كان قلب المفاعل الذرى المصنوع من اليورانيوم هو عصب المشروع . فبالاضافة الى المخاطر التى يتعرض لهـا البحارة من اشعاعاته ، كان هناك خطر تحطمه بسرعة أكثر من اللازم مما قد يؤدى الى نفاده وتوقف المفاعل .

وقد بدأ النموذج رقم (١)فى انتاج النيوترونات لضمان استمرار سلسلة التفاعلات الذرية فى ٣١ مارس سنة ١٩٥٣ ، بنفس الطريقة التى كانت تعمل بها الأفران الذرية فى أجزاء كثيرة من البلاد ، ولكن الصعوبة التى أمكن التغلب عليها فى هذه الحالة هى تشغيل تلك المفاعلات النووية فى ادارة التوربينات البخارية . وفى ٣١ مارس من عام ١٩٥٣ دشنت الغواصة وهى ما زالت على سطح الأرض ، فأدير صمامها ، فأنتج المفاعل الحرارة ، وبدأت التوربينات تعمل ، فدارت

مروحة الاندفاع ، فكان هذا بشيرا بمولد أول وسيلة للنقل الذرى .

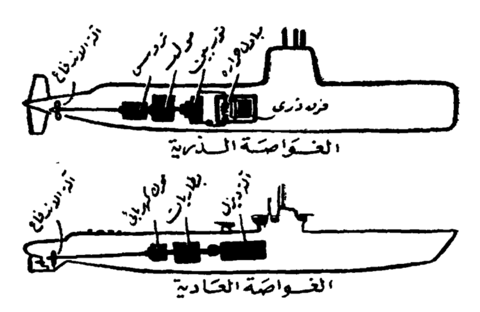
وفى الغواصة « نوتيلوس » يمتص الماء الحرارة من المفاعل ويحملها الى غلاية ، يسخن فيها الماء غير المشع ليولد البخار ، وهذا البخار يدير التوربينات ، التى تدير مراوح الاندفاع .



كيف يعمل النموذج رقم ١

واذا نظرت الى « نوتيلوس » من الظاهر لما وجدتها مختلفة كثيرا عن الغواصات الأخرى ، وان كان شكلها أضخم قليلا ، وقوسها أفطس ، وهيكلها سميك بدرجة غير عادية .

وهذه الظواهر مع الطاقة الهائلة والسرعة الهائلة ، التى نجمت عن استخدام الآلة الذرية ، تمكّن « نوتيلوس » من السير خلال الماء بسهولة أكثر من الغواصات القديمة .



الغواصة الذرية

الغواصة العادية

وداخل الغواصة يتمتع البحارة بالأغذية الطازجة المجمدة على مناضد الطعام التى يمكن طيها فوق الرؤوس . كما توجد بها حجرة خاصة للألعاب ، وسلم ذو اتجاهين ، ومراحيض منفصلة مضاءة بالنور المتوهج ، وسرر من المطاط المنفوخ التى تتحول فى النهار الى كراسى مريحة للجلوس ، وحوائط زاهية الألوان ، وأدوات تدخل السرور على البحارة وتريحهم بدرجة أعلا من الغواصات القديمة بأنوارها البراقة وجدرها البيضاء . كذلك كانت الغواصات القديمة ذات هيكل مزدوج تحمل الزيت بين طبقتيه ، أما « نوتيلوس » فلا يلزم أن تحمل مثل هذه الكميات من الوقود ، لأن قطعة

من اليورانيوم فى حجم كرة الجولف تكفيها مدة شهر . ويحتل المفاعل بدرعه المصنوع من الرصاص ، والآلة ، وتروس الاندفاع حوالى ثلث الغواصة فقط ، وبذلك تتبقى مساحة كافية للبحارة أفسح مما كان يترك لهم فى الغواصات الأخرى .

وانضمت « نوتيلوس » للأسطول فى ٣٠ سبتمبر من عام ١٩٥٤ كأول قطعة بحرية ذرية . وقد صممت الغواصة الذرية الثانية « سى وولف » Sea Wolf لتستخدم الطاقة الذرية بطريقة أفضل ، وقد تفوق الغواصات الذرية التالية كل ما كان الانسان يتصوره منذ أعوام قليلة خلت .

الطائرة الذرية

وتبذل الجهود لصنع طائرة ذرية فى عدة أماكن مختلفة . كما أن هناك عدة مشاكل يجب حلها قبل أن يستطاع تسيير طائرة بالطاقة الذرية ، ولكن العلماء يبذلون قصارى جهدهم لايجاد تلك الحلول .

ومن الطرق الممكنة لمحاولة الطيران الذرى استخدام أجهزة اندفاع ، تديرها توربينات ، يحركها البخار . وينتج البخار مباشرة من حرارة المفاعل النووى أو من هواء أو معدن سائل تسخنه حرارة المفاعل الى درجة كبيرة .

وقد يحل المفاعل الذرى محل « الأفران » التى تنتج

الحرارة فى الطائرات النفاثة . ويمكن نقل الحرارة من المفاعل النووى بواسطة الهواء أو السوائل .

ولولا مشكلة النشاط الاشعاعى الكبرى لكان صنع طائرة ذرية أبسط كثيرا مما هو الآن . فلا بد أن يخترع للطائرة الذرية درع واق خفيف بحيث لا يتعارض مع عملية بدء ارتفاع الطائرة فى الهواء . والرصاص والمسلح — وهما مادتا الوقاية المعتادتان — ثقيلان غاية فى الثقل . ويعتقد بعض الناس أن التحكم فى رفع الطائرة فى الهواء هو الحل الأساسى لمشكلة الطائرات الذرية ، فبذلك يمكن رفع الطائرة وذلك الدرع الثقيل الواقى فى الهواء .

وعندما تهبط الطائرات البترولية المعتادة الى الأرض ، تكون حمولتها من الوقود قد قلت كثيرا عما كانت عليه عند ارتفاعها فى أول الرحلة . أما هبوط الطائرة الذرية وبها المفاعل ، ودرعه الواقى الثقيل ، ووزنه الذى لا يقل بعد الطيران ، فمشكلة أخرى من المشاكل الكثيرة التى يجب حلها .

ولا شك فى أن التغلب على مشكلة الاشعاعات الذرية سيؤدى الى طفرة فى عالم الطيران ، لأن الطائرة الذرية تستطيع الدوران حول الأرض عدة مرات دون توقف . كما أن استهلاك الطائرات العادية من البترول يقدر بآلاف الأرطال فى كل ساعة ، فى حين يقدر الوقود اللازم للطائرة التى تسير بالمفاعل النووى بالأرطال فى كل يوم .

ولو أن برامج مفاعلات الطائرات تتقدم باضطراد ، الا أن الطريق أمامها طويل ملىء بالمشاكل الصعبة .

السفن الذرية

أما السفن العادية التى تسير فوق سطح الماء فوسيلة أسهل للنقل الذرى . وستستخدم البحرية الأمريكية الطاقة الذرية فى تسيير حاملات الطائرات ، قبل أن يتمكن أصحاب السفن الخاصة من مواجهة التكاليف الباهظة للوحدات اللازمة لتسيير سفنهم . ومن المحتمل أن تنخفض تكاليف المفاعلات الذرية بمضى الوقت ، وعندئذ تعج البحار بالسفن الذرية .

القاطرة الذرية

وقد تعاون الدكتور « ليل بوزست » أستاذ الطبيعة بجامعة « أوتا » مع مجموعة من العلماء لدراسة امكانية القاطرة الذرية . وقد ساهمت مع تلك المجموعة خمس شركات

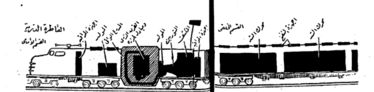
للسكك الحديدية وتسع شركات صناعية ، أعدت تقريرا عن الوقاية من الأشعة عند تشغيل مثل تلك القاطرة .

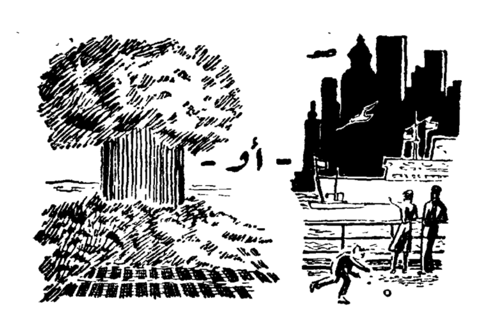
والوقود المقترح فى تلك الدراسة محلول مائى لمادة تحوى اليورانيوم ، يسميه العلماء « الشوربة » ، ويبدو كالماء الذى يحوى قليلا من صبغة صفراء ، ولكنه مشع ، ويستلزم درعا سمكه أربعة أقدام لحماية العمال والركاب .

وتستخدم الحرارة من المفاعل فى تسخين البخار ، الذى يدير مولدات للكهرباء ، تدير بدورها عجلات القاطرة .

وتتكلف القاطرة الذرية التجريبية أكثر من مليون دولار . ويتوقف مدى رخص تكاليف تسييرها أو ارتفاعها بالنسبة لقاطرات الديزل على ثمن وقود اليورانيوم وحل الكثير من المشاكل العملية .

ولا يدرى أحد اذا كنت ستركب فى حياتك قطارا أو سفينة ذرية — كما لا يدرى أحد مدى امكان تحقيق مثل تلك المشروعات .





الذرة ومستقبلك

ماذا سيكون من شأن الطاقة الذرية فى مستقبلك ؟ تتوقف الاجابة على هذا السؤال على عوامل تبلغ من الكثرة حدا يجعل من المستحيل الاجابة عليه .

فكل انسان تقريبا يدرك القوة التدميرية المخيفة للقنابل التى تحرر كميات هائلة من الطاقة اما بتحطيم الذرات أو بتجميعها . ويوجه جانب كبير من برنامج الطاقة الذرية نحو ابتكار أسلحة لحماية البلاد ، أملا فى أن يؤدى هذا الى منع الحرب . وبينما تبحث دول العالم عن طريقة للسلم

الحقيقى ، تنمى فى الوقت نفسه التطبيقات السلمية للطاقة الذرية التى وصفت فى هذا الكتاب . فالفوائد العجيبة للطاقة الذرية تحت أمرك فى كل مكان .

علماء من سائر الدول

وقد ساهم رجال ونساء من دول كثيرة فى العمل الذى أدى الى تطبيقات الطاقة الذرية : منهم « هان » و «شتراسمان» فى ألمانيا و « ليس مايتنر » فى كوبنهاجن بعد أن فر من ألمانيا النازية و « فرمى » و « اينشتين » و « زيلارد » فى أمريكا — وقد ولدوا فى أوربا وأتوا الى أمريكا هربا من النازية والفاشية — كل هؤلاء ساهموا بنصيب بارز . وفى أوائل عام ١٩٣٩ تعاون علماء الطبيعة فى العالم الحر معا لتزداد معرفتهم عن وسائل تحرير الطاقة من قلوب الذرات . وأوقفوا — بمحض اختيارهم — نشر تجاربهم منعا لتسرب مثل تلك المعلومات الى النازى . وأخذوا دورا فعالا فى التطورات العلمية والحربية ، محاولين حماية الديموقراطية حتى يظل العلماء أحرارا .

وكان من نتيجة ذلك العمل التفاعلات السلسلية الناجحة ، والقنابل الذرية التى تلتها . ويعتقد بعض الناس ان هذه القنابل كان يجب ألا تصنع ، وأن طاقة الذرات كان يجب ألا تتحرر . وليس من المهم اليوم أن تتفق أو لا تتفق مع هؤلاء ، فالمسألة

هى « هل نحتاج الى الطاقة الذرية » ؟ وكيف نعيش بهـا ونستخدمها الى أقصى حد لخير العالم ؟

والحياة فى العصر الذرى مشكلة صعبة . وقد تعتقد أن مشاكل الطاقة الذرية أكبر منك أو أصعب من أن تفعل شيئا ازاءها . فمشكلة الطاقة الذرية أكبر من أن يعالجها شخص واحد أو مجموعة واحدة من الناس ، فهى مسئولية كل مواطن ، فأنت — وحدك أو مع جماعات من الناس — تستطيع أن تلعب دورا هاما فى مساعدة العمل نحو تنميـة التطبيقات السلمية للطاقة الذرية ، فتساعد على حماية العالم من الدمار والهـلاك .

كيف تساعد على نشر الوعى الذرى ؟

وها هى ذى بعض الطرق التى تستطيع أن تساعد بها :

يجب أن تكون دائما على علم بتقدم برامج الطـاقة الذرية . وبقراءة هذا الكتاب ، عرفت فعلا عن هذا الموضوع أكثر جدا من كثير من الناس ، فتستطيع أن تتحدث عن الطاقة الذرية لغيرك من الناس ، وأن تستثير اهتمامهم فى هـذا الموضوع الحيوى .

واذا كنت ترتب لنفسك فى المستقبل عمـلا فى ميدان الطاقة الذرية ، ناقش أفكارك مع مستشاريك أو مدرسيك ، وسلهم عن أفضل الطرق للتحضير للعمل الذى تدخل فيه

الطاقة الذرية ، وعن أنسب الأعمال التى تلائمك . ففى أمريكا وغيرها مدارس للتدريب على استخدام النظائر ولتحضير الرجال والنساء ليصبحوا علماء ذريّين . وهناك حاجة ملحة للأشخاص المدربين فى البحوث والأعمال الأخرى فى ذلك الميدان .

وتعطى الحكومة الكثير من المعلومات المجانية والرخيصة عن النواحى المختلفة فى برنامج الطاقة الذرية ، وتستطيع الكتابة للجنة الطاقة الذرية فى واشنطون ٢٥ ، أو للمشرف على الوثائق ، بمكتب الطباعة الحكومى بواشنطون ٢٥ لطلب كشوف المطبوعات الموجودة فى موضوع الطاقة الذرية. واقرأ الكتيبات والمقالات التى تظهر فى الصحف والمجلات . وكن متيقظا ، فهذا ميدان لا يمكن للانسان فيه أن يزيح عنه الأعمال الى غيره .

وقد تصل الى بلدك المعارض الذرية فلا تتوان عن زيارته ويشجع كثيرون ممن يقدرون الحاجة الى نشر التعليم مثل هذا البرنامج . وقد وضعت وكالة الاستعلامات فى الولايات المتحدة برنامجا عالميا لتوضيح الجهود التى تبذل للتوسع فى التطبيقات السلمية للطاقة الذرية بحيث تصل المعارض فى النهاية الى ٧٦ دولة .

وقد دخل مشروع الرئيس ايزنهاور العالمى « الذرة من أجل السلام » مرحلة التنفيذ . ففى ١٥ نوفمبر من عام ١٩٥٤

أعلن أن الولايات المتحدة ستقدم أول مساهمة من اليورانيوم ٢٣٥ للوكالة الذرية الدولية التى تنفذ البرنامج ، وفى اليوم التالى قدمت بريطانيا مساهمتها الأولية ، وهى عبارة عن وقود ذرى للمفاعلات التجريبية للدول المختلفة لتحضير النظائر المشعة واتاحة الفرصة للعلماء للتدريب والتجربة . وهذه هى بداية برنامج قد يؤدى الى رفع مستوى الحياة فى الدول المتخلفة ، ويفيد العالم كله [١] .

وهذه بضع طرق تحاول بها الهيئات الرسمية نشر المعرفة عن الطاقة الذرية . فقد تستطيع تنظيم جماعات فى محيطك تدرس الموضوع أو تقيم بعض المعارض الصغيرة فى المكتبات العامة أو غيرها من الأماكن .

فكل ما تقول أو تفعل أو تفكر فيه بالنسبة للطاقة الذرية

---

(١) وقد دعت هيئة الأمم المتحدة الدول الأعضاء الى أول مؤتمر دولى للتطبيقات السلمية للطاقة الذرية . وقد عقد فى جنيف فى أغسطس من عام ١٩٥٥ . وكان أول مؤتمر تبودلت فيه المعلومات عن الطاقة الذرية وتطبيقات النظائر فى ميادين الصناعة والزراعة والبحوث العلمية والحيوية والطب وغيرها من الميادين . وقد اميط فيه اللثام عن الكثيرين من الأسرار . وقد أدى نجاحه الى تقرير هيئة الأمم فى دورتها العاشرة فى نهاية عام ١٩٥٥ ضرورة عقده كل عامين أو ثلاثة لاستمرار نشر وتبادل نتائج البحوث السلمية (المترجم) .

يلعب دورا فى تقرير اتجاهات الزعماء السياسيين . واهتمامك بالطاقة الذرية سيساعدك على الحصول على حقك فى الحياة فى العالم فى سلام ، وفى عالم أفضل يستفيد بما ينطلق من الذرة من طاقة .



هذا الكتاب

من التعبيرات التى تداولناها حتى استقرت فى أذهاننا أن نقول أننا نعيش اليوم فى « عصر الذرة » ومع ذلك فان من المشكوك فيه كثيرا أن يكون « مفهوم » ذلك واضحا لنا تمام الوضوح . فقد أصبح العالم اليوم فى مفترق الطرق وفى مواجهة مصيرين لا ثالث لهما كما قال الفيلسوف المعروف برتراند راسل فى خطاب أخير له جاء فيه : « ان الزمن الذى نعيش فيه يتسم بطابع الغرابة ويختلف عن أى وقت مضى منذ بدء التاريخ لأننا لا بد أن نواجه أحد مصيرين : مصير سيىء الى أبعد الحدود أو مصير حسن الى حد لم يسبق له مثيل . ويبدو أنه ليس ثمة طريق وسط فلنرجو أن تختار البشرية السبيل الأفضل ... » . وهـذه البشرية ليست العلماء والقادة والحكام وحدهم ، ولكنها نحن جميعا وعلينا جميعا عبء الاختيار . فهل نحن صالحون للاختيار بغير معرفة أووعى ؟ هذا الكتاب اذن هو محاولة لتبسيط الموضوع وتقريب تفاصيله الينا نحن غير المتخصصين .

ويكفى فى بيان أهمية هـذا الكتاب أن ننقل الى القارىء ما يلى من مقدمة سيادة وزير التربية والتعليم : « ... اننا اذ نشجع أمثال هـذا الكتاب من الكتب العلمية المبسطة الى اللغـة العربية ونرحب بضمها الى المكتبة العربية ، نود أن نشكر القائمين بتأليفها ونشرها لمساهمتهم الفعالة فى تنوير الأذهان الى الموضوعات ا العـلم بالتفكير الشعبى ، مما من شأنه أن يدفع ش والدارسين فى الجامعات ومعاهد البحوث نحو ولوج الجديد من ميادين العلم الذى ينتظر أن تحدث تطبيقاتا فى الزراعة والصناعة ... »

كتاب لا بد أن يقرأ

